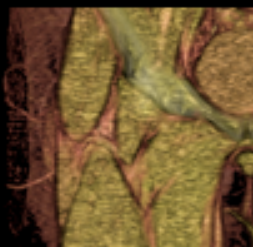


José Manuel Rodríguez Vegas
2012



La Rama Ascendente del Eje Circunflejo Femoral
Lateral en la **Transferencia Tisular Vascularizada**

TESIS DOCTORAL



Universidad Autónoma de Madrid
Facultad de Medicina



Universidad Autónoma de Madrid

Facultad de Medicina

Departamento de Medicina

2012

**LA RAMA ASCENDENTE DEL EJE VASCULAR
CIRCUNFLEJO FEMORAL LATERAL EN LA
TRANSFERENCIA TISULAR VASCULARIZADA**

TESIS DOCTORAL

JOSÉ MANUEL RODRÍGUEZ VEGAS

Licenciado en Medicina y Cirugía

Dirección

Prof. Dra. Dña. Carmen Martín Hervás

Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad

A. Einstein

La Rama Ascendente del

Eje Vascular Circunflejo Femoral Lateral

En la Transferencia Tisular Vascularizada

JM Rodríguez Vegas

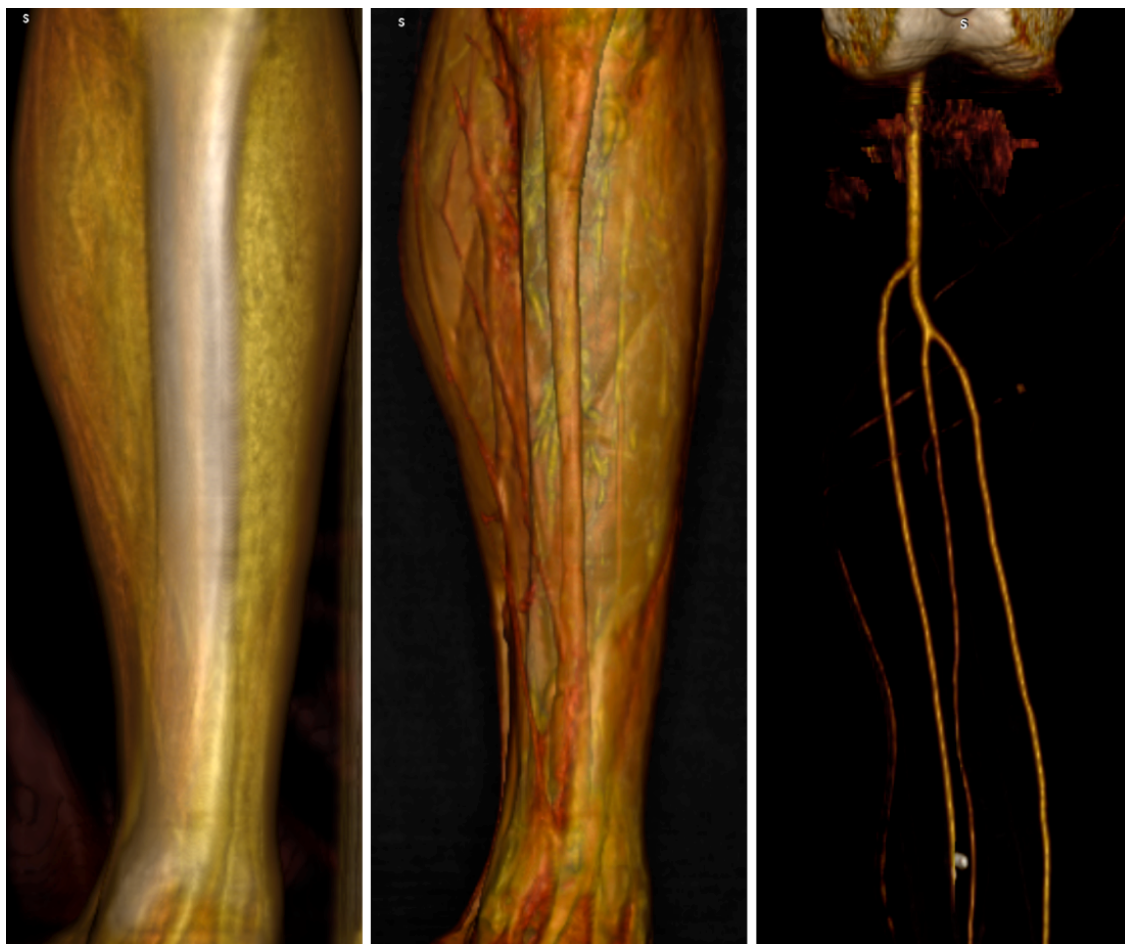


Imagen del autor



Doña Carmen Martín Hervás, Profesora Asociada del Departamento de Medicina (Radiología) de la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Madrid, directora de la Tesis presentada por D. José Manuel Rodríguez Vegas

CERTIFICA

Que D. José Manuel Rodríguez Vegas ha realizado bajo su dirección y tutela el trabajo para optar al grado de Doctor en Medicina titulado: **“La rama ascendente del eje vascular circunflejo femoral lateral en la transferencia tisular vascularizada”**, cumpliendo todos los requisitos necesarios para su presentación como Tesis Doctoral.

Madrid_2012

Carmen Martín Hervás

AGRADECIMIENTOS

Si quieres darle la vuelta a tu vida, prueba con el agradecimiento. Cambiará tu vida poderosamente

G. Good

*A mis padres y hermanos
A mi mujer e hijos
A Dios*

La realización de esta tesis doctoral ha sido un largo viaje. Alguien dijo que “La vida es todo aquello que ocurre mientras realizas tu tesis doctoral”. La vida no se detiene para que reflexiones, no te espera para que te planifiques. Muchas cosas han sucedido y muchas otras han cambiado mientras estuve involucrado en este proyecto y en otros previos pero finalmente aquí estoy, después de tanto tiempo, escribiendo la última, y quizá más importante, parte de este trabajo: los agradecimientos. Sí, porque cuando todo haya pasado sólo quedan los tuyos, en ausencia de los cuales apenas somos nada en este mundo tan hostil en que nos ha tocado vivir. La realización de mi tesis doctoral fue siempre una prioridad pero, como todos sabemos, muchas prioridades se entrelazan a la vez en la vida de una persona. Desafortunadamente, debido a los retos de la vida y los cambios de que se acompañan, la tesis doctoral no pudo ser durante años mi prioridad número uno. Sin embargo aquí estoy, tras mucho esfuerzo, y está terminada. Pero a ello han contribuido varias personas gracias a quienes puedo, por fin, poner punto final a una aspiración que he arrastrado durante años y que, durante su realización, verdaderamente me ha ilusionado.

Entre este selecto grupo de personas desearía, en primer lugar, dar especialmente las gracias a la Dra. Carmen Martín Hervás, mi directora de tesis. Afortunadamente no he tenido que molestarla en exceso durante el transcurso de esta investigación. ¡Sólo faltaba a mi edad y con los años de publicaciones, ponencias y trabajos realizados!. Sin embargo, su dirección y experiencia han sido claves en los momentos importantes del desarrollo de esta tesis doctoral. Vital, trabajadora, amable y excelente profesional. La directora de tesis que todo doctorando querría tener. Como diría para mis adentros, “un cielo de mujer”.

Mi agradecimiento, igualmente, al Departamento de Anatomía de la Facultad Autónoma de Madrid, en especial a los Drs. Cavada y Clascá, gracias a quienes una parte importante de esta investigación pudo realizarse.

Dos personas han tenido gran relevancia en mi especial interés por la angiotomografía computarizada aplicada a los colgajos de perforante y merecen, por consiguiente, un especial agradecimiento. Una me motivó y la otra me lo facilitó. El Dr. Rafael Acosta Rojas, excelente cirujano plástico y gran amigo, es

de esas personas que agradeces verdaderamente encontrar en la vida. Le conocí en Glasgow (Reino Unido), donde trabajaba, hace muchos años. Me abrió las puertas de su conocimiento... y de su casa. Años después volví a verle en Uppsala (Suecia), donde trabajaba. Me abrió las puertas del interesante mundo de la angiotomografía... y de su casa. Ahora está en Australia, donde trabaja y donde, si puedo ir, me enseñará nuevas cosas y... ¡cómo no! su casa. Gracias, de todo corazón, Rafael y gracias a tu familia. Sois maravillosos. ¡Lástima no poder compartir con vosotros más tiempo!.

Otra excelente profesional y “cielo de mujer” facilitó mi inmersión en la angiotomografía: la Dra. Alicia Bartolomé Villar. Radióloga del Hospital Fremap de Majadahonda, me apoyó desde el principio, en lo personal y en lo profesional, y puso a mi disposición todo su servicio. Gracias a ella y a la inestimable ayuda de todo su personal técnico puedo presumir de “defenderme” con la angiotomografía. Realmente en Fremap de Majadahonda hay excelentes profesionales, buenas personas y una relación de trabajo envidiable.

En el terreno personal muchos deberían ser los agradecimientos pero, por íntimos, me los reservo en gran medida para mí. Sin la familia y amigos no somos nada y desdichado aquel que no lo comprenda. Gracias, ¡cómo no! a mi mujer, Isabel, e hijos, Gonzalo y Alba. Su apoyo y comprensión han sido fundamentales y no sólo me refiero a la tesis. Gracias a mis hermanos, Isabel y Jesús María, donde siempre tengo un apoyo que da estabilidad a mi vida. Suerte me dio Dios con los hermanos que tengo. Y gracias, y lo dejo para el final por especial, a mis padres, María Antonia y Saturnino. Todo se lo debo a ellos. Por un hijo se da todo y eso es lo que han hecho ellos por mí y mis hermanos. Sé que a mi padre le llenará de orgullo, desde allí arriba, verme terminar esta tesis doctoral.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS 7

ÍNDICE DE CONTENIDOS 15

RESUMEN 21

Resumen 23

Abstract 25

ABREVIATURAS Y TERMINOLOGÍA 27

I CONCEPTOS PRELIMINARES 33

Colgajos cutáneos 35

Angiosoma o territorio vascular 37

Perforasoma (angiosoma de perforante) 40

Angiosomas de la región de la cadera y el muslo 43

Perforante y colgajos de perforante 45

Técnicas de investigación de la anatomía y vascularización tisulares 50

Músculo tensor de la fascia lata 60

Anatomía y vascularización de la cresta ilíaca 64

Tomografía computarizada 70

II INTRODUCCIÓN 81

Anatomía de la arteria circunfleja femoral lateral 83

El colgajo tensor de la fascia lata en la reconstrucción de partes blandas 90

La rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral en la reconstrucción ósea 92

La rama ascendente del eje circunflejo femoral lateral como base de colgajos compuestos 93

Evaluación preoperatoria de las perforantes 95

La aplicación OsiriX 98

III HIPÓTESIS Y OBJETIVOS 101

Hipótesis 103

Objetivos 104

IV METODOLOGÍA 107

Limitaciones metodológicas de la investigación realizada 110

Determinación de los parámetros de estudio 111

Estudio preliminar 112

Estudio angiotomográfico en sujeto vivo 114

Estudio anatómico en cadáver 119

V RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS 125

Estudio de angiotomografía. Resultados 133

Rendimiento de la angiotomografía computarizada en manos de un cirujano con la aplicación
OsiriX 145

VI APLICACIÓN CLÍNICA 149

Serie clínica 151

Técnica quirúrgica 156

VII DISCUSIÓN 161

Anatomía de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral 163

La rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral en la vascularización de la cresta
ilíaca 164

La rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral en la vascularización cutánea del
muslo 167

La rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral en la transferencia tisular
vascularizada compuesta 178

Aplicación clínica. Discusión 180

La angiotomografía computarizada en la evaluación preoperatoria de las perforantes 182

VIII CONCLUSIONES 197

BIBLIOGRAFÍA 203

ANEXOS 225

Consentimiento Informado 227

Maquetación 227

PUBLICACIONES Y PONENCIAS 229

CURRICULUM VITAE 233

ÍNDICE DE TABLAS 241

ÍNDICE DE FIGURAS 245

ÍNDICE DE AUTORES 251

ÍNDICE ALFABÉTICO 255

RESUMEN

La brevedad es el alma del ingenio

W. Shakespeare, Hamlet

RESUMEN

Antecedentes

Con la excepción del colgajo del músculo tensor de la fascia lata y la llamada técnica de injerto óseo de pedículo muscular, pocas son las referencias bibliográficas relacionadas con las posibilidades reconstructivas de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral. Sin embargo, la introducción de la supramicrocirugía, la transferencia cutánea basada en perforantes y la utilización de la angiotomografía computarizada en su planificación quirúrgica permiten revisar la zona desde una nueva perspectiva.

Objetivos

Evaluar la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral y su contribución, a través de ramas directas, en la vascularización de la piel superolateral del muslo y de la cresta ilíaca. Evaluar las posibilidades del cirujano especialista en el post-procesamiento de imágenes DICOM con la aplicación gratuita OsiriX de código abierto.

Métodos

Se definieron unos parámetros para estudio para su posterior investigación mediante la angiotomografía computarizada en sujeto vivo y la disección anatómica en cadáver. Un estudio preliminar evaluó las fortalezas y limitaciones de las técnicas de estudio en cada uno de los parámetros investigados. De manera complementaria, el estudio angiotomográfico evaluó las posibilidades de las distintas opciones de post-procesamiento en el análisis de los parámetros de interés relacionados con los colgajos de perforante así como los resultados obtenidos en manos de un cirujano especialista con el visor de imágenes Osirix.

Resultados

En 40% de las disecciones anatómicas se encontró una pequeña tributaria de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral que alcanzaba la cresta ilíaca en un espacio definido por los músculos recto femoral, glúteos medio y menor y tensor de la fascia lata. Tras la emergencia del pedículo del músculo tensor de la fascia lata, en todas las disecciones anatómicas y estudios de

angiotomografía, la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral discurrió a través de un espacio anatómico triangular (triángulo pretrocantéreo) antes de entrar en la piel de la región trocantérea como rama directa y discurrir por el tejido subcutáneo en dirección posterior, y habitualmente inferior, durante una distancia considerable. Este triángulo pretrocantéreo, de manera constante, estuvo definido por el margen posterior del músculo tensor de la fascia lata, las inserciones trocantéreas de los músculos vasto lateral y glúteos medio y menor y el trocánter mayor. En base a estos hallazgos, se realizó la transferencia cutánea microquirúrgica en una serie clínica de cuatro pacientes.

Conclusiones

La piel superolateral del muslo puede ser transferida en base a las ramas terminales de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral. Aunque inconstante, una pequeña tributaria de esta rama vascular alcanza la cresta ilíaca y podría sustentar la transferencia ósea vascularizada, si bien son necesarios más estudios para definir su papel en la transferencia tisular compuesta. Con la adecuada selección de pacientes, la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral puede ser una buena alternativa en la transferencia pediculada o microquirúrgica de colgajos simples o compuestos de la región. La angiotomografía computarizada ofrece información relevante para la planificación preoperatoria y ejecución quirúrgica de los colgajos de perforante que el cirujano puede evaluar adecuadamente mediante la aplicación OsiriX.

PALABRAS CLAVE

Cresta ilíaca; arteria circunfleja femoral lateral; perforante; tensor de la fascia lata; colgajo compuesto; OsiriX

ABSTRACT

Background

Few are the references to the reconstructive possibilities of the ascending branch of the lateral circumflex femoral artery other than the tensor fasciae latae muscle flap and the so-called muscle pedicle bone grafting technique. However, the advent the supramicrosurgery, the perforator-based tissue transfer and the introduction of the computed tomography angiography in its preoperative planning advises to revisit the area from a different perspective.

Objectives

Evaluate the ascending branch of the lateral circumflex femoral artery and its contribution, through direct branches, to the vascularization of the superolateral skin of the thigh and the iliac crest. Evaluate the surgeon's performance in the post-processing of DICOM images with the free open-source OsiriX application.

Methods

Different study parameters were investigated with computed tomography angiography in the living subject and anatomical dissection in the cadaver. A preliminary study evaluated the strengths and limitations of the research methods as applied to the study parameters. Additionally, the computed tomography angiography study evaluated the performance of the different post-processing options in the analysis of the parameters of interest related with perforator flaps along with the results obtained in the hands of a surgeon with the OsiriX image viewer.

Results

In 40% of dissections, a small tributary of the ascending branch of the lateral circumflex femoral artery was found to reach the iliac crest in the space defined by rectus femoris, gluteal medius/minimus and tensor fasciae latae muscles. After the emergence of the pedicle of the latter, in all dissections and tomography studies, the ascending branch of the lateral circumflex femoral artery coursed through an anatomical triangular space (retrochanteric triangle) before entering

the trochanteric skin as a direct terminal branch and run for a considerable distance in a posterior (usually inferior) direction in the subcutaneous fat for a considerable distance. This pretrochanteric triangle was defined by the posterior limit of the tensor fasciae latae muscle, the trochanteric insertions of vastus lateralis and gluteus medius/minimus muscles and the greater trochanter. Based on these findings, a clinical series with four free skin flap transfers was undertaken.

Conclusions

The superolateral skin of the thigh can be transferred based on terminal branches of the ascending branch of the lateral circumflex femoral artery. Although inconstant, a small tributary of the branch reaches the iliac crest and might support vascularized bone transfer although more studies are needed to define its role in composite tissue transplantation. Given the adequate patient selection, the ascending branch of the lateral circumflex femoral artery might be a good alternative in pedicled or microvascular single or composite regional tissue transfer. Computed tomography angiography provides relevant information regarding the preoperative planning and surgical technique of perforator-based flaps that the surgeon can adequately evaluate with the OsiriX application.

KEYWORDS

Iliac crest; lateral circumflex femoral artery; tensor fasciae latae perforator; compound flap; OsiriX

ABREVIATURAS Y TERMINOLOGÍA

ABREVIATURAS

ATC: angiotomografía computarizada

ACFL: arteria circunfleja femoral lateral

ACFL/A: rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral

ACFL/D: rama descendente de la arteria circunfleja femoral lateral

ACFL/T: rama transversa de la arteria circunfleja femoral lateral

DICOM: *Digital Imaging and Communication in Medicine*

ELAS: espina ilíaca anterosuperior

PACS: *Picture Archiving and Communication System*

TC: tomografía computarizada

TFL: músculo tensor de la fascia lata

2D MPR: reformateo (reconstrucción) multiplanar bidimensional

3D MPR: reformateo (reconstrucción) multiplanar tridimensional

3D VR: reconstrucción volumétrica tridimensional

mSv: miliSievert, unidad de medición de la dosis de radiación ionizante absorbida por la materia viva

NOTAS DEL AUTOR:

En esta investigación se ha mantenido la denominación en inglés para alguno de los términos utilizados. Ello es debido a una de tres causas: 1) no existe una traducción adecuada en español, 2) es la forma habitual de descripción entre profesionales o 3) el término hace referencia a terminología propia de la aplicación OsiriX de difícil y/o inadecuada traducción. Por otra parte, los términos en lengua inglesa se escriben en *cursiva*. Algunos términos, como hardware y software, son aceptados por la Real Academia Española e incluidos en el Diccionario de la Lengua Española en su 22ª edición.

El doctorando, desde un primer momento, utilizó la versión nativa, en inglés, de la aplicación OsiriX por cuanto parece aconsejable la familiarización con los términos en dicho idioma a efectos de participación en foros de internet o reuniones internacionales.

TERMINOLOGÍA

Aplicaciones de código abierto

Las aplicaciones de código abierto (*open source*), como OsiriX, están disponibles abiertamente en Internet, lo que permite una colaboración continua en el desarrollo y mejora por parte de múltiples usuarios y desarrolladores de todo el mundo. Este concepto ha demostrado funcionar mejor que las soluciones propietarias o privadas en los últimos años.

Colgajo

Un **colgajo** es una porción de tejido (o tejidos) transferido desde su ubicación original (zona donante) a otra localización (zona receptora) con la preservación de su fuente de vascularización. Su significado es equivalente a la transferencia tisular vascularizada. Los colgajos pueden variar desde simples avances cutáneos hasta transferencias compuestas de diversas líneas tisulares (piel, músculo, hueso, nervio, tendón, grasa o fascia). La diferencia entre colgajo e injerto radica en que el colgajo mantiene su fuente de vascularización intacta, de modo que su supervivencia no depende de la zona receptora donde es transferido. A diferencia del colgajo, la nutrición del **injerto** (transferencia tisular no vascularizada) depende exclusivamente de la imbibición vascular de la zona receptora, al menos inicialmente. Los colgajos axiales, cuya vascularización depende de vasos concretos conocidos y disecables, reciben su aporte sanguíneo a través del llamado **pedículo vascular**, compuesto por arteria y vena/s. Se entiende por “tallar un colgajo” al proceso de su disección o extracción y “transferir un colgajo” al hecho de llevarlo a la zona receptora a reconstruir.

Colgajo *freestyle* basado en perforante

La transferencia tisular de estilo libre (***freestyle***) basada en perforantes, gracias a su detección preoperatoria mediante la angiotomografía computarizada, abre nuevas vías en la reconstrucción tisular. La zona donante es elegida en base al tejido deseado y requerido en la zona receptora. Tras la detección de un vaso perforante que nutra la zona, sólo es preciso disecarlo de manera retrógrada a

través de las estructuras que atraviesa hasta obtener una longitud de pedículo y diámetro vascular suficientes para su sutura microquirúrgica o supramicroquirúrgica. En esencia, el concepto optimiza la calidad de reconstrucción y minimiza la secuela donante (o mejor aún, se elige casi sin restricción la zona donante). Teóricamente, puede haber tantas posibilidades de colgajos *freestyle* como perforantes tiene el cuerpo humano.

Colgajo libre o microquirúrgico

En oposición a los **colgajos pediculados**, en los que el pedículo vascular se mantiene íntegro, los **colgajos libres o microquirúrgicos** son físicamente separados de su fuente vascular nativa para ser luego unidos a vasos situados en la zona receptora. Esta anastomosis vascular típicamente se realiza mediante el microscopio y recibe el nombre de anastomosis microquirúrgica. La introducción de los colgajos libres o microquirúrgicos, popularizados a partir de los años 80, supuso un avance extraordinario en la cirugía reconstructiva al permitir que cualquier región del cuerpo pueda potencialmente ser utilizada con fines reconstructivos. Además, la calidad y refinamiento de una reconstrucción microquirúrgica, sobre todo en los casos complejos, es muy superior habitualmente a la obtenida con tejidos locales o regionales.

Colgajo compuesto

Un **colgajo compuesto** es una unidad interrelacionada que consta de múltiples componentes tisulares independientes pero conectados entre sí por un pedículo vascular común de manera que es posible su transferencia simultánea y, consecuentemente, una reconstrucción más eficiente. Múltiples defectos traumáticos y oncológicos se benefician de una reconstrucción pluritisular pero apenas existen regiones en el cuerpo humano que permitan transferir hueso, músculo y piel con un único pedículo vascular y libertad de adaptación tridimensional. Hallock¹⁻³, en una detallada clasificación, define con precisión los diversos subtipos de colgajos compuestos y los divide en dos grandes grupos: conjuntos (*conjoined* o *siamese*) y quiméricos (*chimeric*).

DICOM

DICOM (*Digital Imaging and Communication in Medicine*) es el estándar reconocido mundialmente para el manejo, almacenamiento, impresión y transmisión de imágenes médicas gracias al cual es posible la intercomunicación entre todos los elementos técnicos que conforman el entorno de imagen médica.

Estación de trabajo (*workstation*)

Una estación de trabajo (*workstation*) es un ordenador de alto rendimiento que ha sido especializado para aplicaciones científicas o de diseño por ordenador. En una red de ordenadores, es un ordenador que facilita a los usuarios el acceso a los servidores y periféricos de la red. A diferencia de un ordenador aislado, tiene una tarjeta de red y está físicamente conectada por medio de cables u otros medios con los servidores. Los componentes para servidores y estaciones de trabajo alcanzan nuevos niveles de rendimiento informático, al tiempo que le ofrece la fiabilidad, compatibilidad, escalabilidad y arquitectura avanzada ideales para entornos multiproceso.

Servidor PACS

Un servidor **PACS** (*Picture Archiving and Communication System*) es un ordenador, o conjunto de ellos, dedicados al almacenamiento, recuperación, distribución y presentación de imágenes. El esquema habitual en entornos hospitalarios consiste en diferentes modalidades y estaciones de trabajo que atacan a un servidor PACS que almacena todo el histórico de imágenes e informes de los pacientes. El visor PACS es un software que se instala en la estación de trabajo que utiliza el radiólogo para recibir y mostrar las imágenes radiológicas. Las imágenes son archivadas entonces en el servidor PACS para su descarga posterior hacia las estaciones de trabajo.

I CONCEPTOS PRELIMINARES

**La mayoría de las ideas fundamentales de la ciencia son esencialmente sencillas
y, por regla general, pueden ser expresadas en un lenguaje comprensible para
todos**

A. Einstein

COLGAJOS CUTÁNEOS

Los colgajos de perforante representan el paso más reciente en una línea de evolución (**Fig. 1**) que comenzó con los **colgajos de vascularización aleatoria**⁴⁻⁶ en los que la piel es transferida en base al plexo vascular subdérmico^{7,8}. A causa de su limitada vascularización, estos colgajos están condicionados por unas rígidas proporciones entre anchura y longitud para asegurar su viabilidad⁹. A comienzos de los 70, los trabajos de McGregor y Morgan demostraron que algunas regiones del cuerpo tienen vasos subcutáneos definibles y relativamente largos que atraviesan la fascia profunda y siguen un curso subcutáneo predecible⁹. Este descubrimiento permitió la creación de grandes colgajos que fueron convenientemente llamados colgajos axiales. El concepto de **colgajo de vascularización axial** fue introducido por McGregor y Jackson en 1972 en su descripción del colgajo inguinal¹⁰ y fue la base anatómica del colgajo deltopectoral descrito por Bakamjian¹¹. En los años 70 fueron descubiertos y traducidos al inglés los trabajos de Manchot^{12,13} y se evidenció que muchos colgajos axiales se fundamentaban en vasos descritos por él previamente. Los **colgajos musculocutáneos**, descritos por Ger¹⁴ y Orticochea¹⁵, se hicieron rápidamente populares debido a su fiabilidad y amplio arco de rotación. El músculo, además de como colgajo muscular, permite la incorporación vascularizada de la piel suprayacente. Con el desarrollo de los colgajos cutáneos a lo largo de la segunda mitad del siglo pasado, diversos autores encuentran que la vascularización intrínseca de la piel es el factor determinante en la viabilidad de los colgajos cutáneos¹⁶⁻¹⁸.

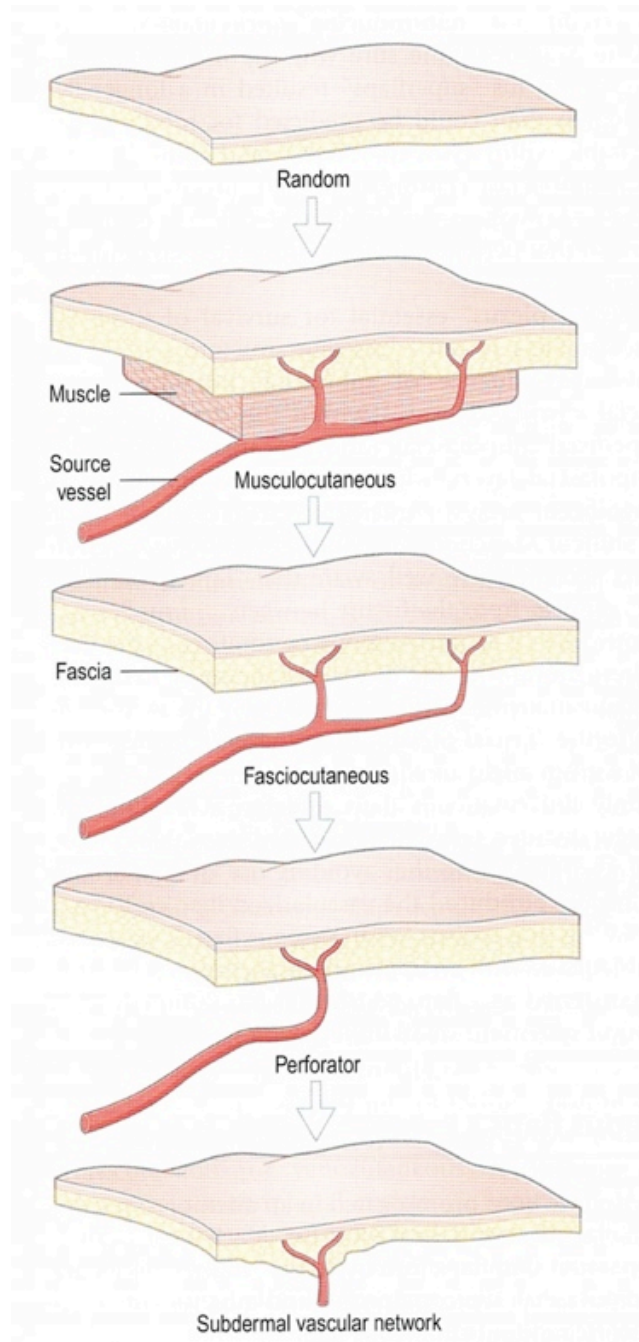


Figura 1. Evolución de los colgajos cutáneos
(Imagen reproducida de ref.¹⁹)

Así, Milton afirma que la vitalidad de cualquier colgajo cutáneo depende por completo de su modo de vascularización y no tiene relación alguna con las proporciones entre su anchura y longitud²⁰. En 1981, Ponten publica que son posibles proporciones mayores entre la longitud y anchura en los colgajos cutáneos del miembro inferior si se incluye la fascia profunda²¹. La base anatómica de estos **colgajos fasciocutáneos** fue posteriormente estudiada por

Haertsch²², Barclay y col²³ y Cormack y Lamberty¹⁷. Nakajima y col²⁴ identifican, en 1986, seis distintos tipos de perforantes cutáneas con origen en una arterial principal (**Fig. 2**).

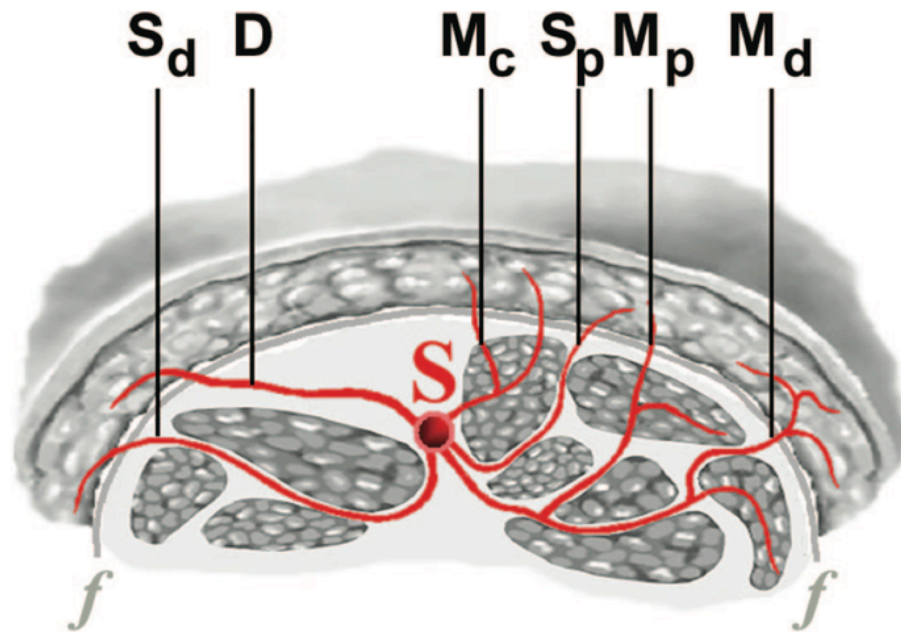


Figura 2. Clasificación de las perforantes

Según Nakajima (modificación de Hallock), existen seis tipos distintos de perforante y cada uno puede definir un tipo distinto de colgajo fasciocutáneo. (Sd. Septocutánea directa. D. Cutánea directa. Mc. Perforante musculocutánea. Sp. Perforante septocutánea. Mp. Rama perforante cutánea de rama muscular. Md. Rama cutánea directa de vaso muscular. F. Fascia. S. Vaso nutricional)(Imagen reproducida de ref.²⁵)

ANGIOSOMA O TERRITORIO VASCULAR

El redescubrimiento de los trabajos de Manchot y Salmon^{26,27} y una extensa investigación durante más de 30 años permitieron a Taylor y Palmer²⁸ desarrollar y publicar en 1987 la teoría del angiosoma, concepto anatómico con importantes implicaciones clínicas. Con la misma esencia de su concepto de angiosoma, Spalteholz²⁹, en 1893, ya afirmó que todas las arterias de la piel podían ser clasificadas en directas o indirectas tras emerger de un **vaso nutricional** subyacente. Definido por Taylor y Palmer, un **angiosoma**, o **territorio vascular**, es un bloque de tejidos, compuesto y tridimensional, que incluye el conjunto de piel, músculos, tendones, hueso, nervios y fascias irrigados por una arteria nutricional y

su vena accesoria. Los autores definen 40 angiosomas bilaterales en el ser humano (**Fig. 3**).

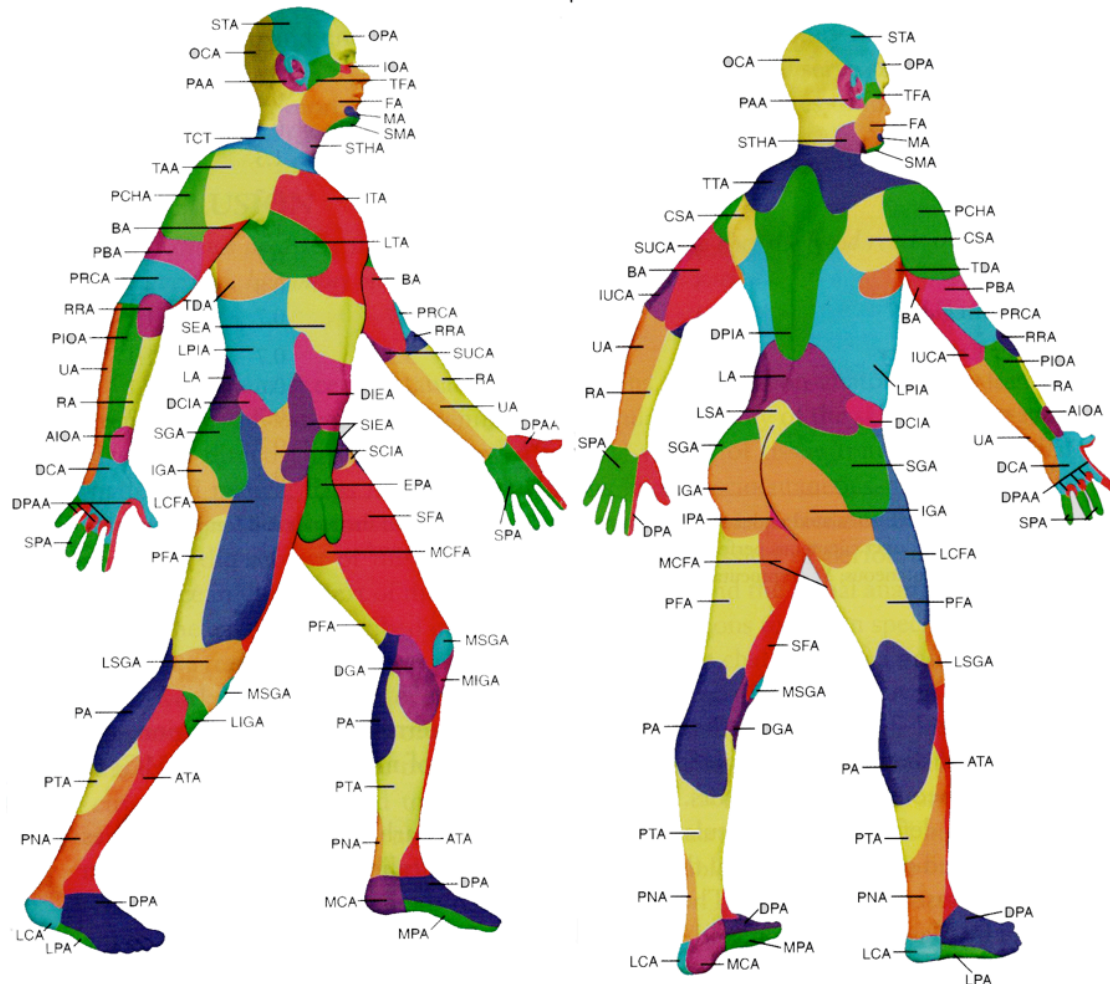


Figura 3. Angiosomas (territorios vasculares) del cuerpo humano, según Taylor y Palmer (Imagen reproducida de ref.⁵)

Cada angiosoma engloba en un territorio arterial, llamado **arteriosoma**, y un territorio venoso, denominado **venosoma**. Cada angiosoma se encuentra relacionado con angiosomas adyacentes a través de dos tipos de conexiones vasculares: vasos conectores directos e indirectos. Los **vasos conectores directos (verdaderos)** presentan un gran calibre y comunican directamente los angiosomas de modo que es posible la captura del angiosoma adyacente, o incluso más extensión tisular, a través de un mecanismo de flujo entre angiosomas. Los **vasos**

conectores indirectos (*choke vessels*)*, tienen un calibre más reducido y la captura de angiosomas adyacentes es más dudosa. Ambos patrones de flujo microvascular son mecanismos de protección tisular en caso de lesión vascular. Las venas también forman una red tridimensional de canales interconectados bien desarrollada. Aunque la mayoría de estas venas poseen válvulas para crear un flujo unidireccional, a menudo están interconectadas por venas avalvulares (**venas oscilantes**) que permiten el flujo bidireccional entre territorios venosos adyacentes. Taylor y Palmer describen una serie de conceptos anatómicos relativos a la vascularización cutánea y a los angiosomas:

- Δ **Los vasos siguen la estructura del tejido conectivo.** La fascia de los compartimentos musculares y los septos, que conectan la piel a las estructuras fasciales y óseas subyacente, dividen el cuerpo en una estructura similar a un panal de abejas. Los vasos siguen los planos fasciales y septales y dan ramas a músculos, nervios, huesos, fascia y grasa.
- Δ **Los vasos irradian desde zonas fijas hacia zonas móviles.** Habitualmente hay muchas ramas vasculares pequeñas hacia la piel en las zonas donde la piel está muy adherida a las estructuras subyacentes. Donde la piel es móvil, sin embargo, los vasos cutáneos son menos numerosos pero de mayor calibre y longitud.
- Δ **Los vasos cutáneos acompañan a los nervios sensitivos de la piel**
- Δ **Los vasos cutáneos se interconectan y forman una red tridimensional** de arcadas vasculares unidas por vasos de conexión, generalmente de pequeño calibre (*choke vessels*).

* El término *choke vessels* no ha sido traducido porque no existe un término en español que describa su significado fielmente. Según Taylor, la denominación de *choke* hace referencia a su luz estrecha.

PERFORASOMA (ANGIOSOMA DE PERFORANTE)

Taylor y Palmer²⁸ describen una media de 376 perforantes con diámetros iguales o mayores a 0.5 mm para el conjunto de los 40 angiosomas descritos (**Fig. 4**).

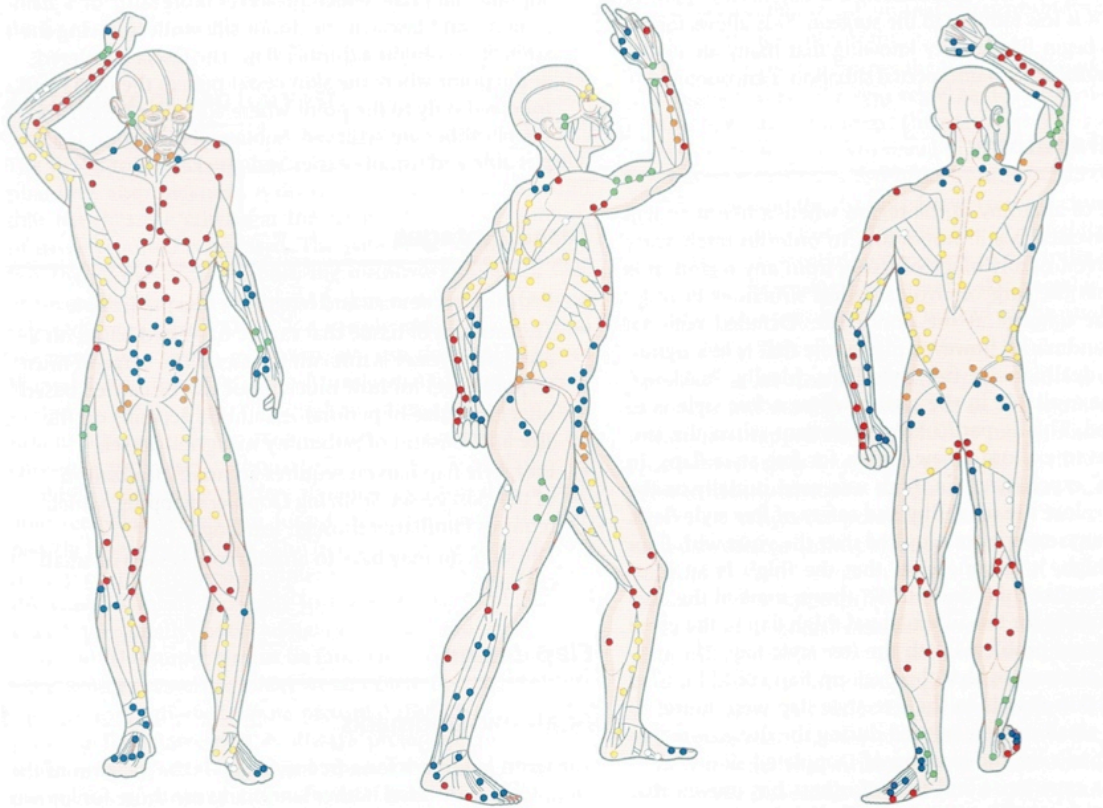


Figura 4. Perforantes del cuerpo humano, según Taylor y Palmer
En el cuerpo humano existe una media de 376 perforante mayores de 0,5 mm. (Imagen reproducida de ref.²⁸)

El concepto de angiosoma ha tenido desde su publicación un enorme influencia en la investigación y aplicación clínica de los colgajos y, recientemente, en el estudio de los colgajos de perforante y la investigación sobre la arteriopatía vascular y diabética del miembro inferior³⁰⁻³². Cada angiosoma, a su vez, puede ser subdividido y este concepto, finalmente, ha sido aplicado al territorio anatómico de la perforante cutánea, denominado **perforasoma** por Saint-Cyr y col³³ y **angiosoma de perforante** por Rozen y col³⁴. Así, cada perforante cutánea tendría su propio territorio vascular que muestra un patrón de flujo multidireccional extremadamente variable y complejo y define una subdivisión del angiosoma (**Fig. 5**).

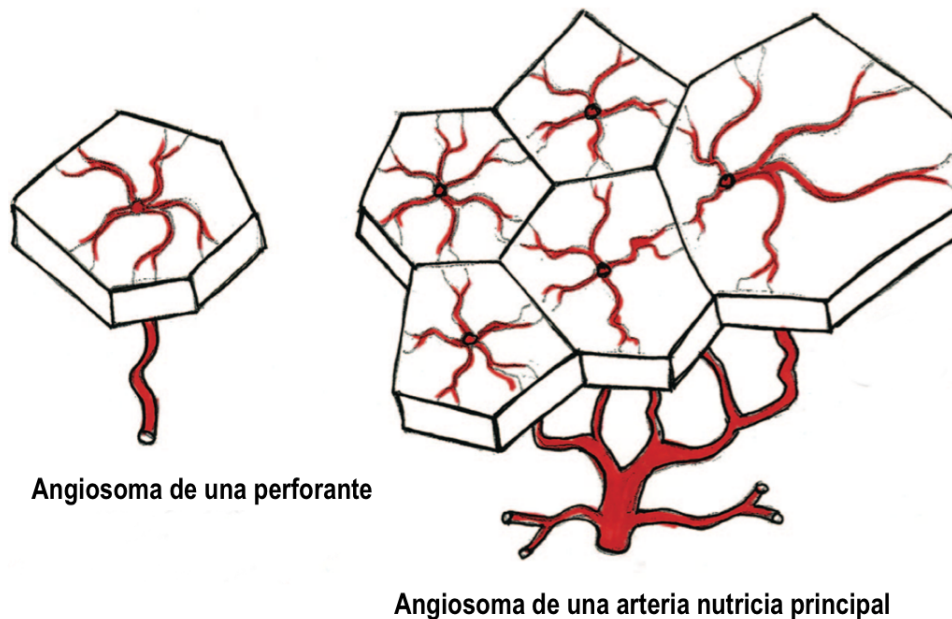


Figura 5. Angiosoma y perforasoma, según Taylor

Cada angiosoma tendría múltiples perforasomas y ambas estructuras son, conceptualmente, similares. (Imagen reproducida de ref.³⁵)

De manera similar a los angiosomas, los distintos perforasomas están conectados entre sí mediante vasos de conexión directos (verdaderos) e indirectos (*choke vessels* y venas oscilantes). Igualmente, estas numerosas conexiones vasculares confieren protección contra la isquemia y la lesión vascular en caso de traumatismo. El territorio anatómico de una perforante cutánea está definido por una línea trazada radialmente a lo largo de la zona de anastomosis entre perforantes (**Fig. 6**). Sin embargo, el territorio clínico de esta perforante, que puede ser incluido con seguridad en un colgajo, se extiende más allá de dicho límite y, de manera similar a los angiosomas, engloba (captura) el territorio anatómico de perforantes adyacentes en todas las direcciones e incluso el territorio de una perforante más allá cuando las anastomosis entre territorios son vasos conectores directos de gran calibre^{28,35,36} (**Fig. 7**).

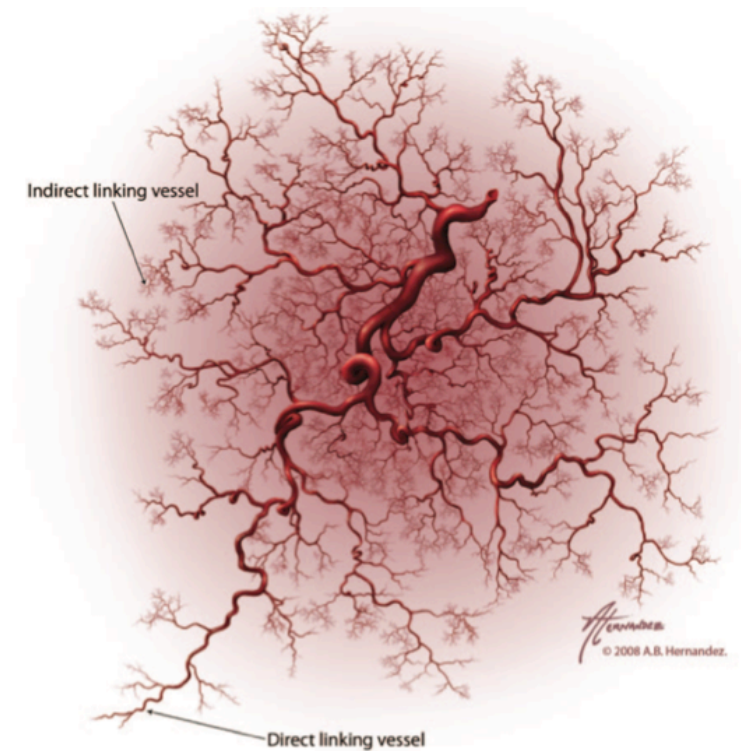


Figura 6. Perforasoma

Cada perforasoma, al igual que los angiosomas, está conectado con los adyacentes a través de vasos directos, verdaderos, de tamaño normal y de vasos indirectos, de pequeño tamaño, equivalentes a los *choke vessels*. (Imagen reproducida de ref.³³)

PERFUSION IN MULTIPLE PERFORASOMES VIA LINKING VESSELS

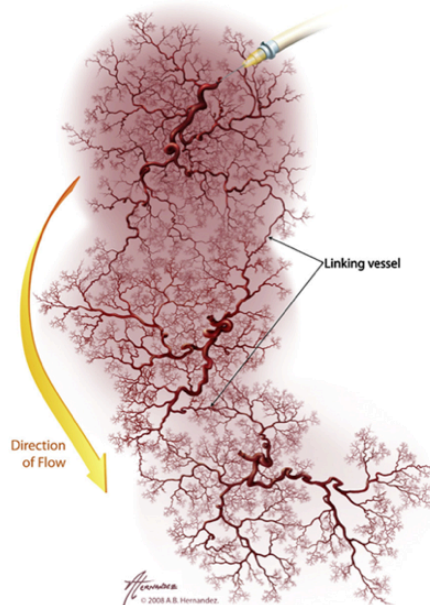


Figura 7. Captura de angiosomas

A través de estos vasos de conexión, directos e indirectos, un perforasoma, al igual que un angiosoma, puede "capturar" perforasomas vecinos. (Imagen reproducida de ref.³³)

ANGIOSOMAS DE LA REGIÓN DE LA CADERA Y EL MUSLO

Los angiosomas del muslo y región glútea fueron estudiados por Pan y Taylor³⁷ en 2009 (Fig. 8).

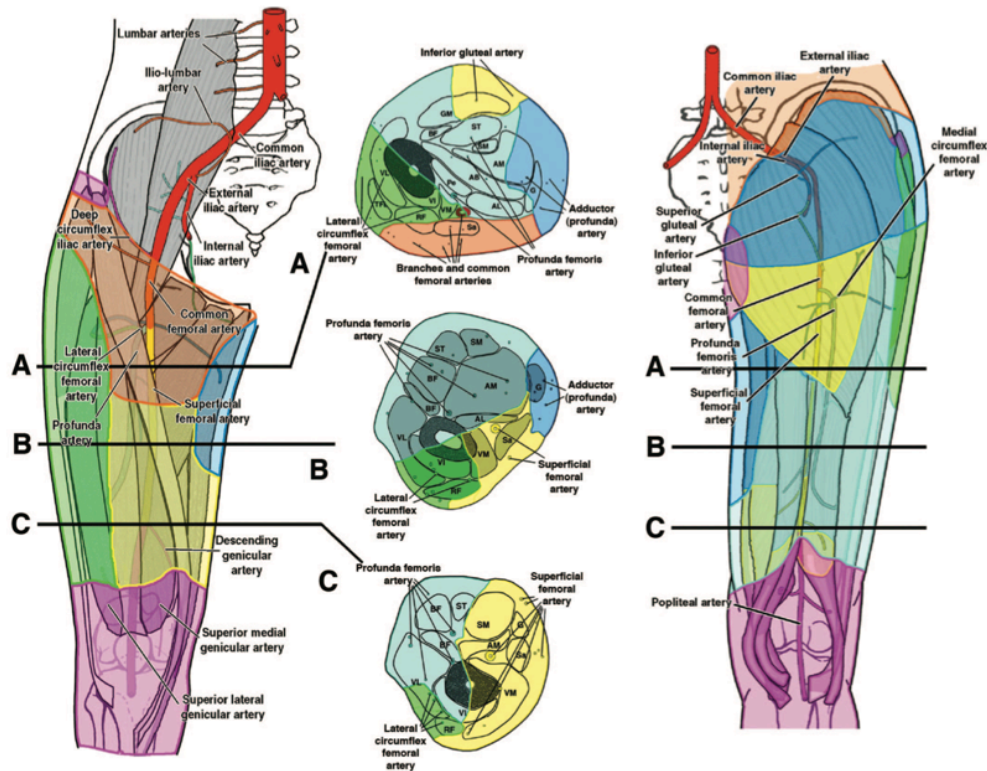


Figura 8. Angiosomas del muslo y región glútea, según Pan y col

Vistas anterior y posterior de los angiosomas con cortes axiales a tres niveles. Muestran los angiosomas de la femoral común (naranja), circunfleja femoral lateral (verde), glútea inferior (amarillo en la sección A), femoral profunda (azul agua), aductor (azul) y femoral superficial (amarillo en las secciones B y C). Cada angiosoma se extiende desde la piel al hueso. Los límites entre angiosomas, definidos por vasos anastomóticos, se encuentran habitualmente dentro de los tejidos (generalmente músculos) y no entre ellos. (Imagen reproducida de ref.³⁷)

La vascularización de la piel y los tejidos profundos de la región proviene, de proximal a distal, de ramas de las arterias lumbares bajas, circunfleja ilíaca profunda, glúteas superior e inferior, sacra, pudenda interna, femoral común, femoral superficial, circunflejas femorales medial y lateral, obturadora, femoral profunda, genicular descendente y poplítea. Durante su curso, sus ramas arteriales vascularizan todos los tejidos por donde discurren, sean hueso, músculo, nervio, grasa, tendón, fascia o piel, lo cual define cada uno de los angiosomas. La interconexión entre angiosomas ocurre habitualmente dentro de los tejidos, habitualmente los músculos, y no entre ellos, a excepción de la región

de la rodilla. Así, todos los músculos de la región, a excepción quizá del músculo tensor de la fascia lata (*TFL*), están vascularizados por distintos vasos principales y forman, por tanto, parte de varios angiosomas. Gracias a esta capacidad de actuar como ruta vascular alternativa de los músculos de la región, una oclusión aguda de la arteria femoral puede no amenazar distalmente el miembro pero una oclusión aguda a nivel de la arteria poplítea, sobre todo proximal a las ramas gemelares, puede ser devastadora. Este hecho fue observado hace más de dos siglos por Hunter³⁸ y confirmado más recientemente por Salmon, quien fue capaz de definir radiológicamente estas anastomosis²⁷.

La piel de la región de la cadera y el muslo puede dividirse, por su fuente de vascularización, en **cuatro regiones anatómicas**³⁹: anteromedial del muslo, anterolateral del muslo y trocantérea, posteromedial de muslo y posterolateral de muslo:

- Δ La región **anteromedial** del muslo está vascularizada fundamentalmente por ramas directas de la arteria femoral y por la arteria femoral profunda a través sus ramas circunfleja femoral medial y ramas innominadas de la musculatura aductora.
- Δ Las tres ramas terminales de la arteria circunfleja femoral lateral (*ACFL*) son las encargadas de la vascularización mayoritaria de las regiones trocantérea y **anterolateral** del muslo.
- Δ La región **posteromedial** del muslo, vascularizada fundamentalmente por las arterias perforantes, ramas de la femoral profunda.
- Δ La región **posterolateral** del muslo, cuya vascularización proviene de múltiples perforantes musculocutáneas y septocutáneas que nacen en el septo intermuscular posterolateral desde la femoral profunda

La piel de la cadera y el muslo supone el 10.5% de la superficie corporal total. Las tres ramas de la *ACFL*, a través de una media de 10 ± 5 perforantes con un diámetro medio de $0,7 \pm 0,3$ mm, vascularizan la región de la cadera y lateral del muslo^{5,40}. Bien como ramas septocutáneas o musculocutáneas, las perforantes emergen radialmente desde las zonas fijas y se anastomosan entre sí, sobre todo en el plano subdérmico e inmediatamente suprafascial. Estas ramas perforantes son mayores donde la piel es móvil o donde acompañan a nervios cutáneos sensitivos. Aunque el origen de las arterias principales es variable, no así el

territorio cutáneo que vascularizan, que es relativamente constante. Según Pan y col³⁷, en la región suprayacente al *TFL*, entre tres y cinco perforantes musculocutáneas emergen de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral (*ACFL/A*), atraviesan el músculo y vascularizan la piel. La mayor parte de las perforantes de la rama transversa (*ACFL/T*) y descendente (*ACFL/D*) de la arteria circunfleja femoral lateral emerge de la parte anterior del músculo vasto lateral, si bien existen unas pocas ramas septocutáneas que discurren por el septo que separa vasto lateral de recto femoral. Es infrecuente que las perforantes atraviesen el tracto iliotibial y, cuando lo hacen, suelen presentar diámetros menores de 0,5 mm.²⁸

PERFORANTE Y COLGAJOS DE PERFORANTE

La era de los **colgajos de perforante**, iniciada en 1989 por Koshima y Soeda⁴¹ y Kroll y Rosenfield⁴², supone un avance importante en la reconstrucción tisular porque demuestra que ni el músculo, vehiculizador pasivo, ni el plexo vascular fascial son necesarios para la supervivencia de un colgajo cutáneo si se realiza una disección cuidadosa de los vasos perforantes musculocutáneos. Los colgajos musculares de perforante presentan ventajas definitivas sobre su equivalente musculocutáneo. La incorporación exclusiva de la piel permite una disminución en la morbilidad de la zona donante que se acompaña habitualmente de una recuperación más rápida y una disminución en el dolor postoperatorio. Además, se ha demostrado que una sola perforante puede vascularizar áreas considerables de piel. El pedículo vascular del colgajo de perforante es también mayor del que puede obtenerse en su equivalente musculocutáneo además de no estar condicionado en su orientación. Los méritos y fiabilidad de los colgajos de perforante en la reconstrucción de las extremidades, cervicofacial, mamaria, abdominal y del tronco han sido extensamente descritas en la literatura⁵. Conceptualmente, la definición de perforante y su capacidad para vascularizar tejido transferible abre la puerta a un nuevo concepto en transferencia tisular microquirúrgica: la transferencia **freestyle** (estilo libre) basada en perforante (**Fig.**

8) por cuanto cada perforante del cuerpo humano puede, potencialmente, sustentar un colgajo.

Nomenclatura de los colgajos de perforante

Desde su introducción, gran variedad de términos han inundado la literatura relacionada y creado, hasta cierto punto, conflicto y confusión. Por ejemplo, algunos colgajos se han descrito en base a su localización (colgajo anterolateral de muslo), soporte arterial (colgajo de perforante de glútea superior) o músculo de origen (colgajo de perforante de gemelo). La confusión terminológica se ha extendido también a los colgajos de perforante pluritulares, descritos como compuestos, quiméricos, combinados, conjuntos... Esta confusión terminológica condiciona la comunicación entre especialistas y, hasta cierto punto, el desarrollo científico. Por ello, desde hace años, existe un debate conceptual sobre la definición de perforante y sobre qué constituye un verdadero colgajo de perforante^{3,4,43-45}. En un esfuerzo por introducir consistencia terminológica, un grupo de expertos se reunió en Gent en 2001 durante el desarrollo del V Congreso Internacional de Colgajos de Perforante. Las conclusiones preliminares de esta reunión fueron publicadas en *Plastic and Reconstructive Surgery* en el año 2003⁴³ y han pasado a denominarse “**la terminología de Gent**”. En ese congreso y en sucesivos en Taipei y Londres, la nomenclatura fue nuevamente discutida y simplificada. Mientras tanto, diferentes opiniones surgieron en diversas partes del mundo, origen de diversas escuelas terminológicas: la europea, representada por Gent, la canadiense, resumida por Geddes y col⁴ y la coreana, presentada en el VI Congreso Internacional de Colgajos de Perforante de Taipei. Además, otros autores, como Kim y col⁴⁵, Sinna y col⁴⁶, Hallock¹ o Taylor y col⁴⁷, en años posteriores, han profundizado en este tema y propuesto nuevas acotaciones. Sin embargo, a pesar de todos estos esfuerzos, persiste todavía una cierta confusión generalizada sobre qué define una perforante y qué terminología debe aplicarse a un colgajo basado en ella.

Definición de perforante y colgajo de perforante

En línea con los trabajos de Taylor y Palmer, Hallock diferencia con claridad entre vasos perforantes directos e indirectos, pudiendo ser estos últimos septocutáneos o musculocutáneos⁶ (**Fig. 9**).

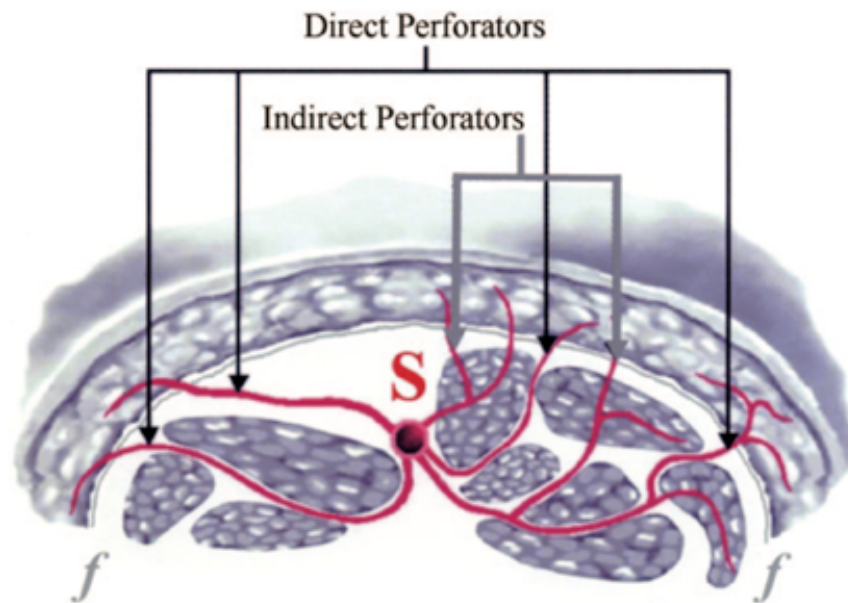


Figura 9. Perforantes directas e indirectas (clasificación de Nakajima, modificada por Hallock)
Las seis variedades de perforante pueden clasificarse de manera más sencilla como perforantes directas o indirectas. Todas las perforantes nacen del mismo vaso nutriente pero sólo las indirectas atraviesan otro tejido intermediario (representado aquí como un septo o músculo) antes de perforar la fascia profunda (Imagen reproducida de ref.⁶)

Los **vasos perforantes directos** sólo atraviesan la fascia profunda antes de llegar a la piel y son su fuente de vascularización más importante porque su destino principal es siempre la piel. Los **vasos perforantes indirectos**, por el contrario, llegan a la piel tras dar sus ramas principales a los tejidos profundos por los que discurren. Estos tejidos profundos son habitualmente músculo o septo pero pueden ser nervio, hueso, tendón o periostio, entre otros (**Fig. 10**). Los vasos indirectos, por tanto, cumplen una función secundaria en la vascularización cutánea¹⁶ por cuanto su cometido esencial es la vascularización de estructuras profundas.

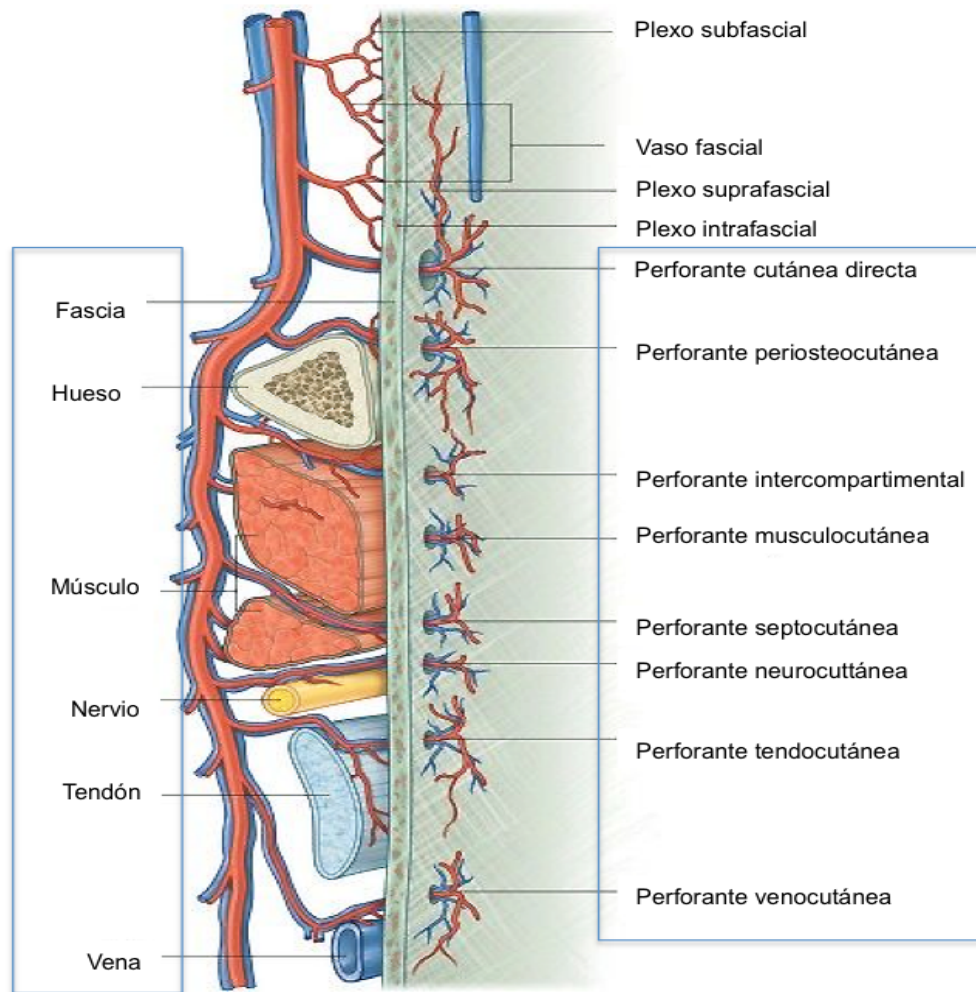


Figura 10. Tipos de perforantes según Gray
(Imagen reproducida de ref.⁴⁸)

A efectos quirúrgicos, en este momento, existen básicamente tres tipos de colgajos distintos de perforante (**Fig. 11**):

- Δ **Colgajos de perforante directos**, basados en perforantes cutáneas directas
- Δ **Colgajos de perforante indirectos**, que podrían ser, según por donde discurren, septocutáneos o musculocutáneos.

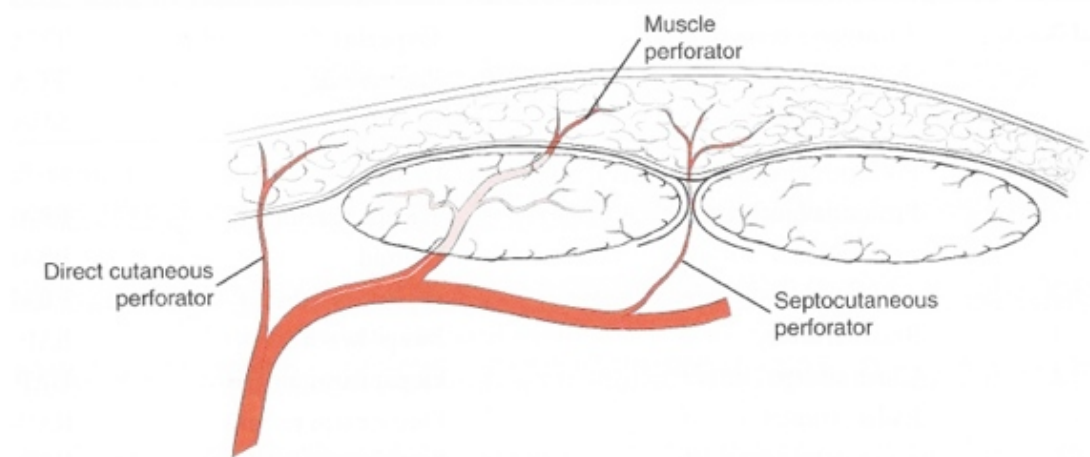


Figura 11. Perforantes directas e indirectas (septocutáneas y musculocutáneas)
(Imagen reproducida de ref.⁶)

Diversas definiciones, expresadas en el consenso de Gent, delimitan el significado de los colgajos de perforante indirectos.

Definición 1. Una **perforante muscular o musculocutánea** es un vaso sanguíneo que atraviesa el músculo antes de alcanzar la fascia profunda y vascularizar la piel.

Definición 2. Una **perforante septal o septocutánea** es un vaso sanguíneo que sólo atraviesa el septo antes de vascularizar la piel.

Definición 3. Un colgajo de perforante es un colgajo compuesto por piel y/o grasa subcutánea. Los vasos que vascularizan el colgajo son perforantes definidas. Estas perforantes pueden pasar, desde el vaso nutriente, a través de o entre los tejidos profundos (habitualmente músculo o septo).

Definición 4. Un colgajo cutáneo vascularizado por una perforante muscular es denominado **colgajo de perforante muscular o colgajo de perforante musculocutáneo**.

Definición 5. Un colgajo cutáneo vascularizado por una perforante septal es denominado **colgajo de perforante septal o colgajo de perforante septocutáneo**.

En este momento todavía no está claro si un colgajo vascularizado por una perforante directa debe ser denominado **colgajo de perforante directa**.

Definición 6. En la descripción de nuevos colgajos de perforante deben seguirse ciertas reglas. Un colgajo de perforante debe ser denominado según la arteria nutriente y no por el músculo relacionado. Si fuera posible el tallado de múltiples colgajos de perforante de un vaso nutriente, el nombre de cada colgajo debería basarse en su región anatómica o músculo subyacente.

TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN DE LA ANATOMÍA Y VASCULARIZACIÓN TISULARES

Disección anatómica en cadáver

Desde hace más de 2000 años, la investigación en cadáver ha sido la base de nuestro entendimiento de la anatomía clínica independientemente del país o especialidad. Los estudios en cadáver ofrecen información valiosa e, históricamente, buena parte de los descubrimientos anatómicos ha sido realizada gracias a las necropsias. La adquisición de datos sobre la anatomía humana ha provenido frecuentemente de la disección en cadáver formalizado pero este método de conservación ha demostrado ser inapropiado en el estudio de la anatomía vascular, sobre todo microvascular. En contraposición, la investigación en cadáver fresco ofrece una exploración activa de la estructura humana además de permitir el uso de materiales radiopacos de relleno pero sólo el estudio en el sujeto vivo ofrece una visualización, además de anatómica, fisiológica. Además, la anatomía en el cadáver no es idéntica a la del ser vivo, especialmente, por motivos obvios, en el flujo sanguíneo y tono vascular. Los vasos sanguíneos son, en el cadáver, de mayor calibre y, por consiguiente, los estudios postmortem deben ser interpretados con reservas en relación a los datos relativos a la microcirculación⁴⁹.

Técnicas de inyección vascular en el estudio de la vascularización tisular

Riolan⁵⁰ (1580-1657) fue el primer anatomista que inyectó contraste coloreado para demostrar el árbol vascular y, desde entonces, la inyección vascular ha

formado parte esencial en la investigación anatómica en busca de nuevas zonas donantes de colgajos⁵¹.

Inyección de sustancias no radiopacas

Se han descrito numerosas sustancias para el estudio de los territorios vasculares cutáneos y la planificación de colgajos quirúrgicos.

Medios líquidos, como el **azul de metileno** o la **tinta china**, contienen partículas finas e, inyectados en las arterias, rellenan los capilares de la zona irrigada. Pueden utilizarse para identificar a simple vista el territorio cutáneo perfundido por una determinada arteria o perforante. Además, permiten la adición de gelatina para facilitar la disección (**Fig. 12**). Sin embargo, es frecuente el relleno excesivo del territorio estudiado y por ello, los resultados de tamaño y límites de un territorio deben ser considerados habitualmente imprecisos.

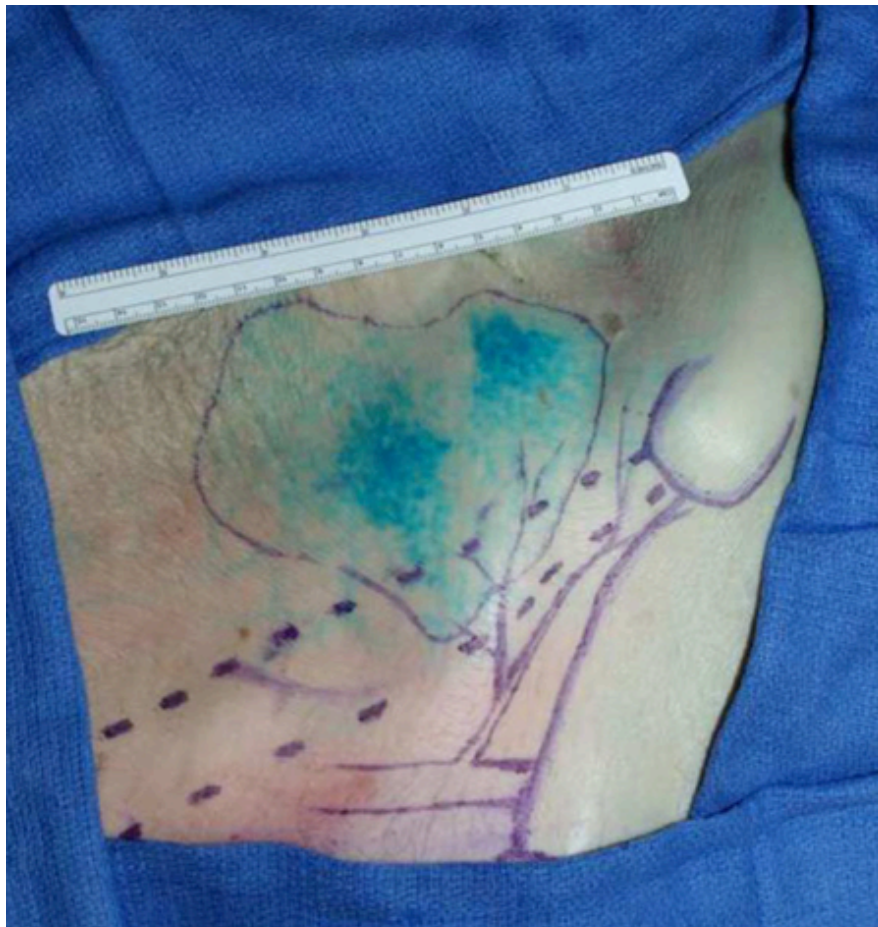


Figura 12. Inyección de sustancias no radiopacas. Azul de metileno
Relleno del territorio de la arteria circunfleja femoral superficial con azul de metileno. (Imagen reproducida de ref.⁴⁶)

Los geles coloreados de **látex** son medios excelentes y permiten la ayuda visual en la disección en cadáver (**Fig. 13**). Además, con la adición de sustancias radiopacas, permiten la visualización del territorio cutáneo irrigado por un determinado vaso sanguíneo.

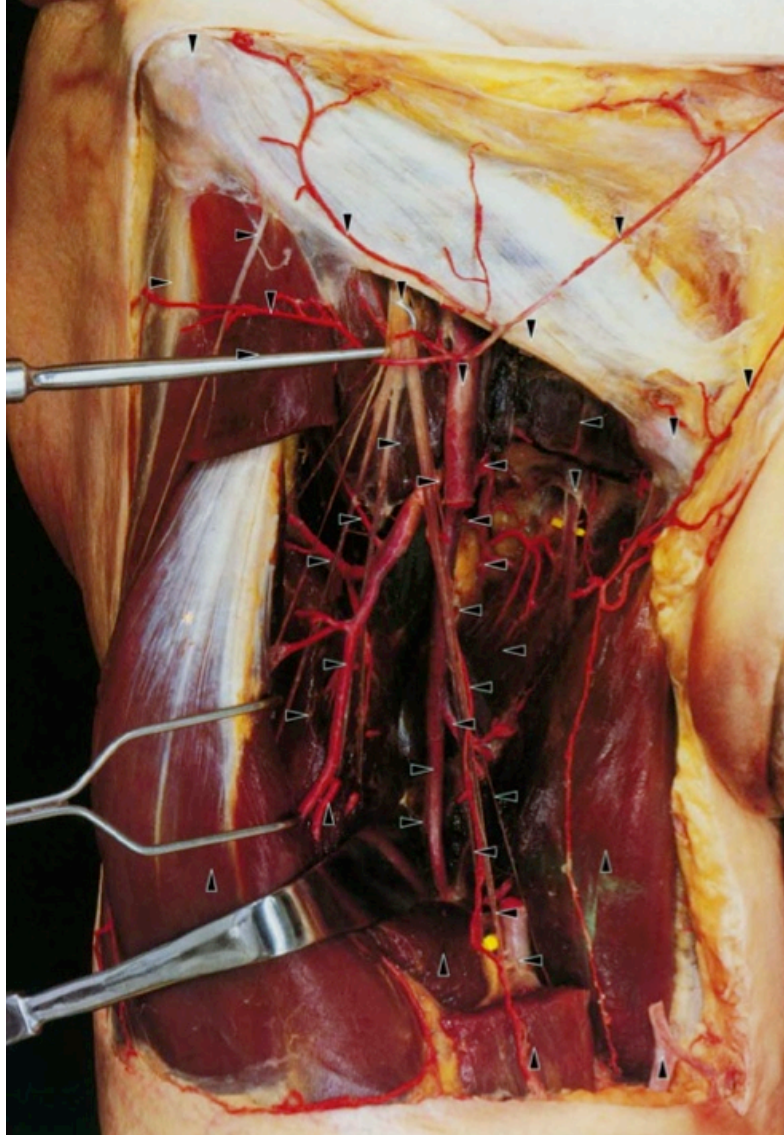


Figura 13. Inyección de sustancias no radiopacas. Látex coloreado
La inyección intravascular de látex coloreado permite con facilidad el estudio de la anatomía vascular. (Imagen reproducida de ref.⁵²)

La **técnica de Thiel**⁵³⁻⁵⁷ de preservación blanda es una técnica compleja basada en la mezcla de componentes salinos y pequeñas cantidades de formaldehído y formalina que permiten fijar los tejidos con una serie de propiedades únicas (**Fig. 14**). Los cadáveres preservados con el método no tienen un olor detectable, presentan una flexibilidad similar a la del sujeto vivo, preservan un color

excelente de músculos, víscera y vasos sanguíneos y, además, gozan de propiedades antimicrobianas de preservación excelentes. La técnica ofrece, en el momento, unas posibilidades docentes imbatibles.



Figura 14. Técnica de Thiel
Disección de colgajo radial en cadáver. La técnica de Thiel posee unas cualidades docentes y formativas imbatibles en la aplicación quirúrgica de la anatomía. (Imagen reproducida de ref.⁵⁶)

La **plastinación** es un procedimiento técnico de preservación de material biológico, creado por el artista y médico científico von Hagens en 1979⁵⁸ (**Fig. 15**), que consiste en extraer los líquidos corporales como el agua y los lípidos por medio de solventes como acetona fría y tibia para luego sustituirlos por resinas elásticas de silicona y rígidos de epóxicas. La finalidad de la plastinación en la conservación de material biológico es, quizá más que su provecho en la enseñanza de la anatomía, la exhibición museográfica.



Figura 15. Plastinación de von Hagens
(Imagen disponible en Gunther von Hagens' Body Worlds, www.bodyworlds.com)

Diafanización o método de Spalteholz^{59,60}. Este método consiste en convertir los tejidos transparente mediante una serie de reacciones químicas descritas por Spalteholz. La diafanización ha sido utilizada en el estudio de la anatomía vascular osteoarticular, tendinosa y cutánea. Sin embargo, el procedimiento es complejo y sólo puede aplicarse a especímenes relativamente pequeños. Su aplicación a tejidos blandos, además, produce su retracción e impide la toma correcta de mediciones.

Los contrastes de **fluoresceína** pueden también ser inyectados en los vasos y permiten delimitar la perfusión vascular bajo la luz ultravioleta. Su uso está poco extendido porque produce cierta superposición entre territorios vasculares adyacentes y producen un aspecto teñido de los tejidos bajo la luz normal.

Los **moldes de corrosión vascular** se crean utilizando inyecciones de resina de poliéster y materiales de vidrio sintético. Aportan especímenes de excelente calidad para el escaneado con microscopía electrónica pero la técnica es más compleja y lesiona frecuente los vasos de pequeño calibre. Además, la técnica no aporta información sobre la relación de los vasos con estructuras adyacentes.

Sustancias radiopacas de relleno vascular

El desarrollo y perfeccionamiento de sustancias de relleno vascular radiopacas ha permitido, desde principios del siglo XX, ampliar sustancialmente nuestro conocimiento de la anatomía y fisiología microvasculares. La primera angiografía postmortem⁶¹ fue realizada sólo semanas después del descubrimiento de los rayos X por Roentgen en 1895. Berberich y Hirsch^{62,63}, en 1923, realizaron el primer angiograma periférico en un sujeto vivo. A lo largo de los años diversos materiales radiopacos han sido utilizados a fin de mejorar la resolución angiográfica pero en la actualidad sólo dos son de uso habitual en la investigación en cadáver: **sulfato de bario** y **óxido de plomo**. Para conseguir una perfusión efectiva y facilitar la disección de los especímenes, la inyección de material radiopaco se asocia a un medio de suspensión como el agar, la **gelatina** o el **látex**. El medio de suspensión es un vehiculizador además de un estabilizador y, cuando se solidifica, da a la mezcla una consistencia uniforme y gomosa que permite, además mejorar la calidad del angiograma y facilitar la disección y visualización de los pequeños vasos. Algunas de las más notables contribuciones al conocimiento de la anatomía vascular detallada fueron realizadas por Salmon²⁷, Trueta, Harrison⁶⁴ y más recientemente, en 1986, por Rees y Taylor⁶⁵. En la actualidad, la inyección de gelatina y óxido de plomo es la técnica estándar para visualización de los vasos sanguíneos en la investigación sobre vascularización y transferencia tisular^{40,51,66} (**Fig. 16**).

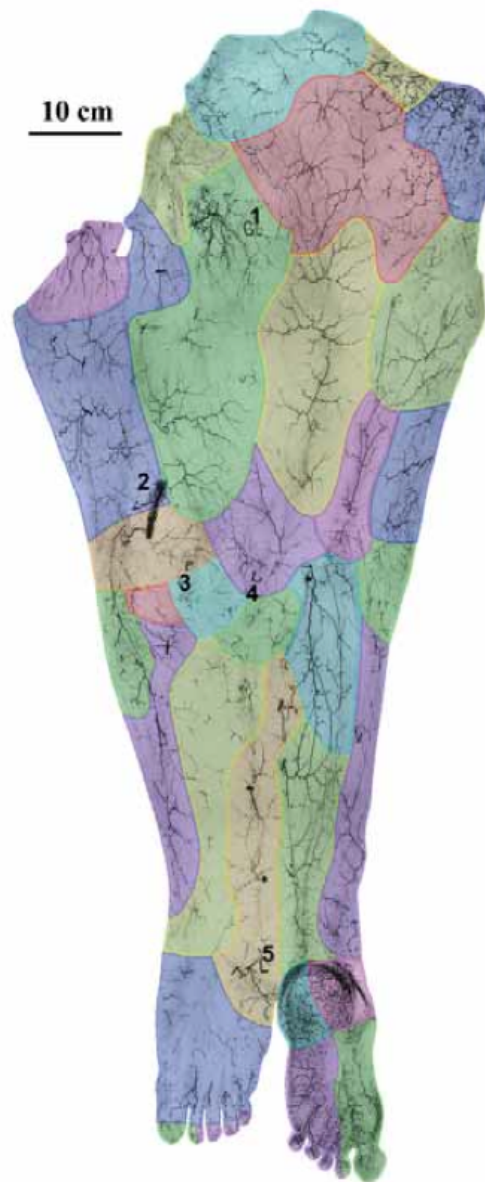


Figura 16. Angiograma con óxido de plomo
Angiograma de la extremidad inferior obtenido tras la inyección corporal total de óxido de plomo. (Imagen reproducida de ref.⁴⁰)

Sin embargo, el óxido de plomo es muy tóxico y precisa de instalaciones adecuadas y altas medidas de seguridad en su manipulación. Por ello, las soluciones de sulfato bárico, que penetran igualmente bien en el plexo subdérmico, son cada vez más utilizadas en la actualidad en la investigación anatómica de perforantes en el laboratorio.

Técnicas radiológicas en la investigación anatómica

Angiografía convencional bidimensional

La mayor parte de las investigaciones anatómicas en cadáver llevadas a cabo sobre la vascularización de los tejidos se han fundamentado en estudios de inyección con una solución de gelatina asociada a una sustancia radiopaca (óxido de plomo o sulfato de bario) seguido de estudios angiográficos bidimensionales para determinar los territorios vasculares. La angiografía convencional es una técnica adecuada en el estudio de las arterias periféricas y ha fundamentado la gran mayoría de trabajos que sustentan el conocimiento actual de la vascularización tisular²⁶⁻²⁸.

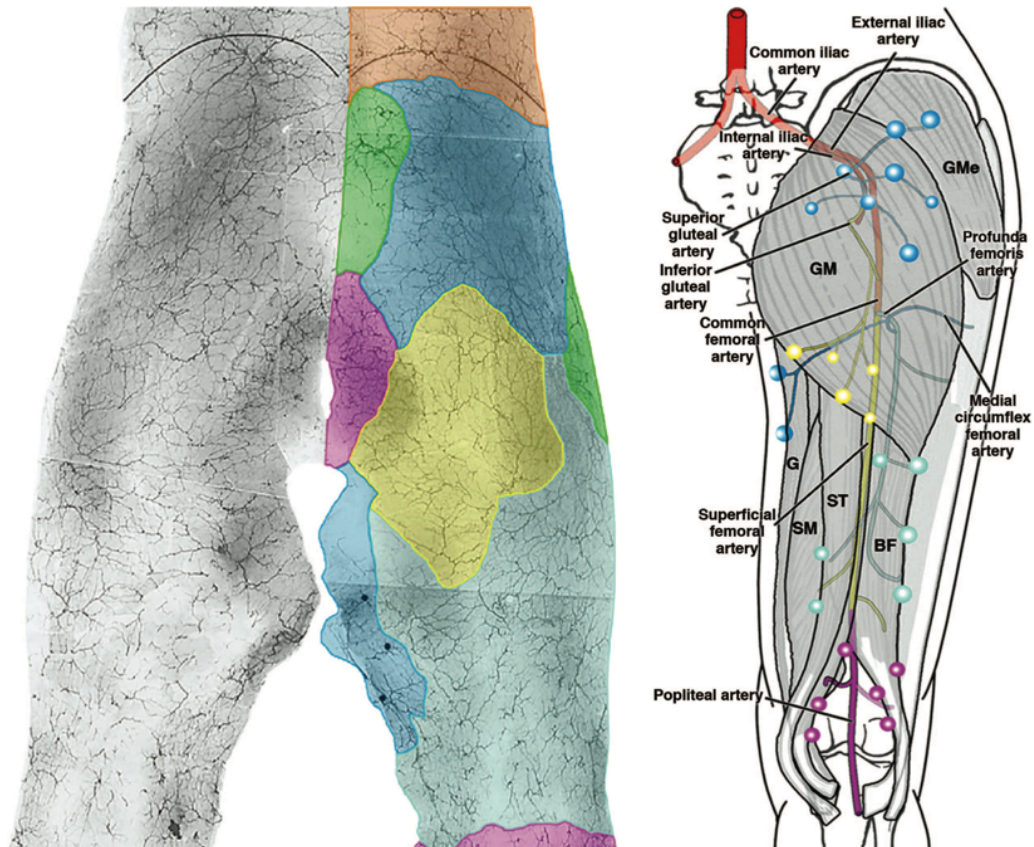


Figura 17. Angiografía bidimensional clásica

La mayor parte de las investigaciones anatómicas en cadáver llevadas a cabo sobre la vascularización de los tejidos se han fundamentado en estudios de inyección con una solución de gelatina asociada a una sustancia radiopaca (óxido de plomo o sulfato de bario) seguido de estudios angiográficos bidimensionales para determinar los territorios vasculares. (Imagen reproducida de ref.³⁷)

Sin embargo, al igual que la Radiología simple tradicional, la **angiografía bidimensional** convencional presenta la gran limitación de la superposición. Es decir, toda la anatomía tridimensional es comprimida en dos dimensiones y esto dificulta la ubicación espacial y relación entre estructuras (**Fig. 17**).

Angiotomografía computarizada 3D y 4D en la investigación de la vascularización tisular y desarrollo de los colgajos de perforante

Desde hace años, gracias a los grupos de Saint-Cyr y col^{33,67} (*University of Texas Southwestern Medical Center*) y de Rozen y col³⁴ (*University of Melbourne Jack Brockhoff Reconstructive Plastic Surgery Research Unit*), la angiotomografía computarizada ha irrumpido con fuerza en la investigación anatómica vascular en cadáver, es especial en el campo de los colgajos de perforante. La técnica de estudio consiste en:

- △ Disección y tallado del colgajo de perforante a estudiar
- △ Inyección de contraste (una mezcla de gelatina y sulfato bórico para el estudio estático y un medio de contraste iodado para el estudio dinámico)
- △ Angiotomografía 3D y 4D.

En oposición a la angiografía convencional bidimensional, la elevada resolución espacial de la angiotomografía permite una detallada evaluación tridimensional de los vasos y su relación entre sí y con el resto de tejidos. Su aplicación al estudio de las perforantes parece abrir un nuevo estándar en la investigación relacionada (**Fig. 18**). Además de la visualización tridimensional, el estudio cuatridimensional de las imágenes permite el relleno dinámico de las perforantes evaluadas y, por consiguiente, la evaluación del patrón dinámico de relleno del territorio vascular (incluido el plexo subdérmico) y el reclutamiento de territorios vasculares adyacentes a través de las ramas comunicantes.

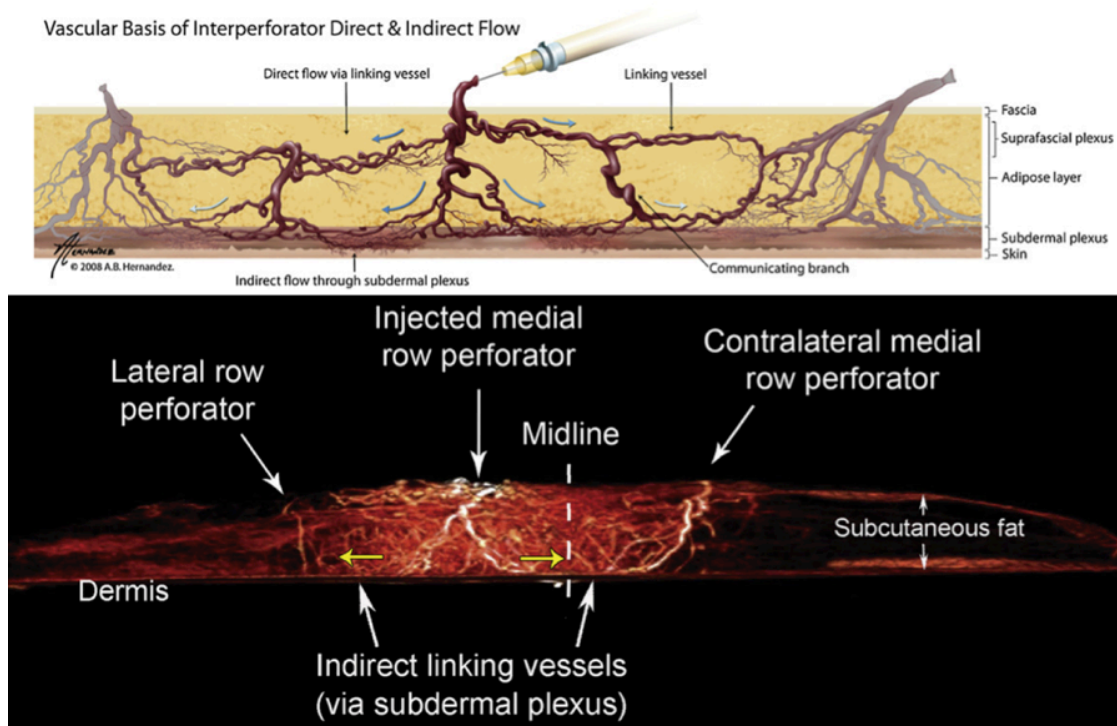


Figura 18. La angiotomografía aplicada a la investigación de perforantes

La angiotomografía llegará a ser el nuevo estándar en estudio anatómico de perforantes. (Imagen reproducida de ref.⁶⁷)

Hasta el momento, esta técnica de estudio ha sido aplicada con éxito en la evaluación de diversos colgajos: anterolateral de muslo⁶⁸, toracodorsal⁶⁹, abdominales de perforante⁷⁰, supraclavicular⁷¹ y de perforante de mamaria interna⁷². Varias son las ventajas de la angiotomografía en relación con la angiografía convencional. La angiotomografía computarizada elimina la superposición de imágenes localizadas fuera del área de interés, posee una elevada resolución y las imágenes obtenidas pueden ser visualizadas en tres dimensiones mediante diversas aplicaciones de reconstrucción volumétrica. Los modernos tomógrafos multicorte ofrecen también la posibilidad de procesar imágenes anatómicas de alta velocidad que pueden ser utilizadas para la representación tridimensional de la vascularización de un colgajo durante la inyección del contraste⁷³.

MÚSCULO TENSOR DE LA FASCIA LATA

Inserciones, función e inervación

El **músculo tensor de la fascia lata** es un músculo corto y plano, de unos 12-15 cm de longitud y 2-3 cm de anchura, situado en la región lateral del muslo. Se origina en el labio externo de la cresta ilíaca anterior entre los músculos glúteo medio y sartorio como un tendón ancho y plano de unos 5 cm de largo. El músculo continúa como aponeurosis y se inserta en el **tracto iliotibial** en la unión de los tercios superior y medio del muslo⁷⁴. En su origen, el *TFL* se sitúa entre los músculos glúteo medio y sartorio, superficial al músculo vasto lateral y lateral al origen del músculo sartorio. De especial interés en esta investigación es la relación anatómica entre los músculos *TFL*, vasto lateral y glúteo medio y el tracto iliotibial, que puede observarse con claridad en la **Fig. 19**. La **Fig. 20** muestra las inserciones ilíacas y trocantéreas de los músculos glúteos medio y menor y el vasto lateral.

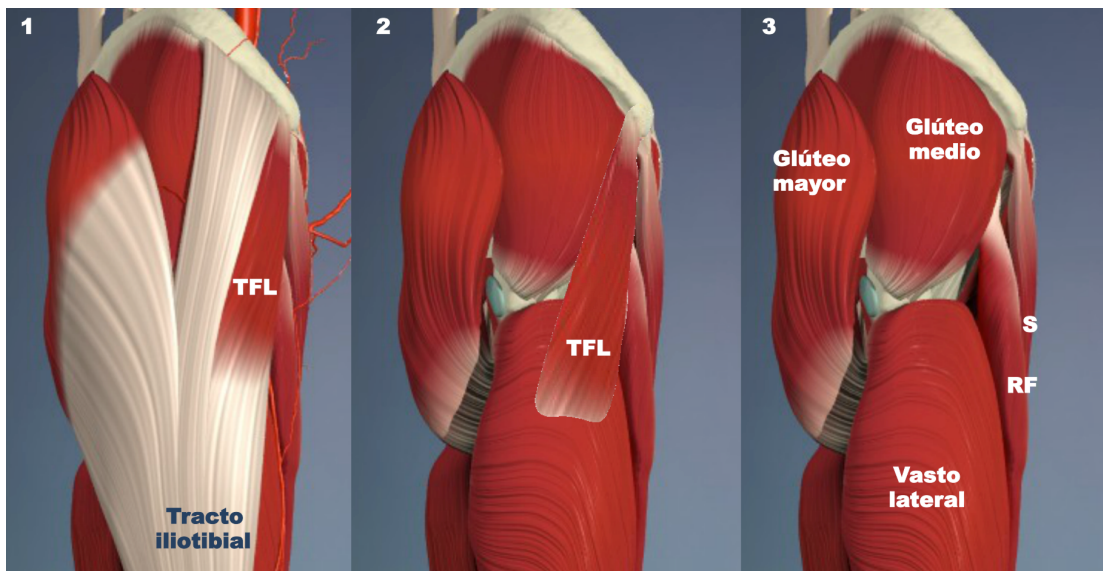


Figura 19. Relaciones anatómicas del músculo *TFL*

Según *Primal Pictures 3D Human Anatomy Medical Software*⁷⁵. 1. Vista lateral. 2. Tras la retirada del tracto iliotibial. 3. Tras la retirada del tracto iliotibial y del músculo tensor de la fascia lata. (Imagen adaptada de Primal Pictures, www.primalpictures.com, con permiso⁷⁵)

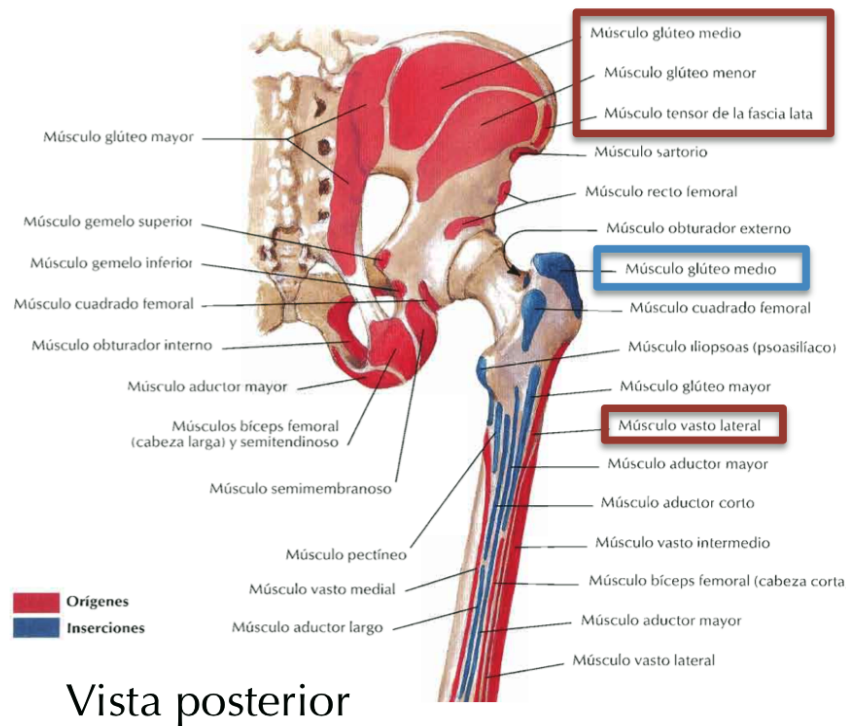
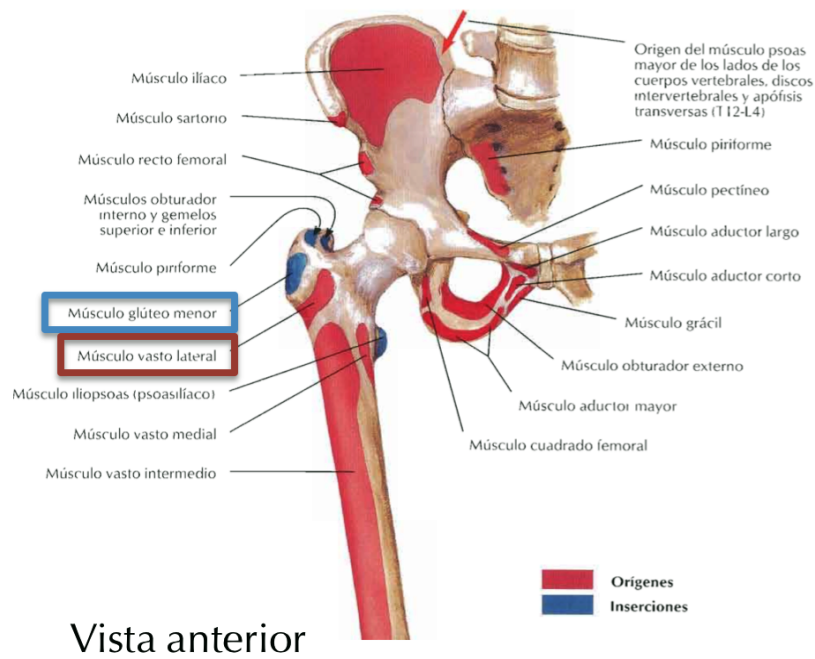


Figura 20. Musculatura glútea. Inserciones ilíacas y trocantéreas, según Netter (Imagen tomada de ref.76)

Las principales funciones del músculo son la flexión y abducción de la cadera, la extensión de la rodilla y el tensado del tracto iliotibial para estabilización de cadera y rodilla en la bipedestación. Sólo excepcionalmente su ausencia produce secuelas porque otros músculos pueden realizar sus funciones de manera eficiente.

El músculo está innervado por la rama inferior del nervio glúteo superior (L4-5) que emerge entre los músculos glúteo mayor y mediano y entra en el músculo en su parte profunda. La *ACFL/A*, por consiguiente, no se acompaña de nervio motor. El territorio cutáneo del *TFL* recibe innervación sensitiva de la rama cutánea lateral de T12, la rama cutánea lateral del nervio iliohipogástrico y el nervio cutáneo femoral lateral¹⁷.

El tracto iliotibial y la fascia lata

La fascia profunda del muslo y región glútea recibe el nombre de **fascia lata**. Envuelve todo el miembro inferior a excepción de la superficie subcutánea de la tibia, en cuyos márgenes se adhiere, y la apertura safena. Cranealmente se inserta alrededor de toda la raíz del muslo: ligamento inguinal, pubis, isquion, ligamento sacrotuberoso, sacro, coxis y cresta ilíaca. La fascia lata es particularmente densa en la región lateral del muslo, donde recibe el nombre de **banda (o tracto) iliotibial**, y en la región glútea, donde recibe una potente expansión fibrosa del glúteo mayor.



Figura 21. Fascia lata y banda iliotibial
(Imagen adaptada de Primal Pictures, www.primalpictures.com, con permiso⁷⁵)

La fascia lata se hace más fina en las regiones posterior y superomedial y nuevamente se engrosa alrededor de la rodilla, donde recibe expansiones del tendón del bíceps femoral (lateral), sartorio (medial) y cuádriceps femoral (delante)^{77,78}. El tracto iliotibial, a través de los músculos que se insertan en él, asiste en la estabilización de la cadera y región anterolateral de la rodilla (**Fig. 21**).

El colgajo tensor de la fascia lata

El colgajo *TFL* fue utilizado por vez primera por Wangenstein en 1934⁷⁹ como colgajo muscular pediculado para la reparación de grandes hernias abdominales.

Bailey⁸⁰, en 1967, propone su transferencia musculocutánea para el cierre de defectos acetabulares. Sin embargo, fueron los extensos estudios anatómicos de Hill y col⁸¹ en 1978, Nahai y col⁸² en 1978, Bostwick y col⁸³ en 1979 y McGregor y Buchan^{84,85} en 1980 quienes popularizaron su uso. Su utilidad clínica, como colgajo pediculado, es amplia y permite la reconstrucción y cobertura de defectos complejos cutáneos y fasciales de la pared abdominal⁸⁶, el periné y la región inguinal así como la cobertura de úlceras de presión o defectos tisulares en las regiones isquiática, sacra o trocantérea⁷⁴. Se ha descrito igualmente su transferencia pediculada asociada a una porción de cresta ilíaca en el tratamiento de necrosis y pseudoartrosis de cabeza y cuello femorales^{87,88}. Usos marginales han incluido también la restauración funcional muscular del deltoides⁸⁹ y la cirugía de reasignación de sexo⁶⁰. Todavía popular como colgajo pediculado, su uso microquirúrgico⁹⁰ ha caído en desuso debido a la aparición de colgajos más refinables y versátiles. Entre las limitaciones potenciales del colgajo libre *TFL* musculocutáneo se encuentran el excesivo volumen, la depresión cicatricial en la zona donante y la excepcional, pero posible, inestabilidad de rodilla. El interés microquirúrgico en la zona se renueva cuando, en 2000, Deiler y col⁹¹ publican la transferencia de un colgajo de piel y fascia lata basado únicamente en perforantes musculocutáneas para la reconstrucción de la región aquilea. En años posteriores, diversas publicaciones refinan y amplían nuestros conocimientos sobre el actualmente denominado colgajo de perforante del músculo tensor de la fascia lata⁹¹⁻⁹⁷. Sin embargo, la escasez de series anatómicas y clínicas parece haber limitado su uso y aceptación clínicas.

ANATOMÍA Y VASCULARIZACIÓN DE LA CRESTA ILÍACA

En el ser humano, la vascularización ósea significa el 5-10% del gasto cardíaco total. Existen diferencias notables entre el modo de vascularización de los huesos largos de las extremidades y los demás.

Los **huesos largos** disponen de tres fuentes de vascularización arterial^{98,99}.

- △ **Sistema de la arteria nutricia**. Habitualmente una, es la mayor arteria de un hueso largo y suele originarse de una arteria principal adyacente. Penetra en

el canal medular a través de una foramen cortical diafisario de manera que cada hueso largo específico tiene su orificio nutriente en una posición relativamente constante. Antes de perforar la cortical, el vaso nutricio puede enviar ramas al periostio y músculos adyacentes. Dentro del canal medular, se divide en pequeñas ramas ascendente y descendente que irrigan la médula ósea y, al menos, los dos tercios internos corticales hasta la metáfisis. La arteria nutriente es un sistema de alta presión.

Δ **Sistema metafisoepifisario**, que proviene del plexo arterial periarticular.

Δ **Sistema perióstico**, compuesto principalmente de capilares que vascularizan, al menos, el tercio externo de la cortical madura. El sistema perióstico es un sistema de baja presión.

La vascularización de los **huesos irregulares y planos**, como las costillas, el cráneo o la pelvis, ha sido poco estudiada debido a la facilidad con la que estos huesos consolidan tras las fracturas. En general, estos huesos suelen presentar una arteria nutricia pero les caracteriza la rica vascularización perióstica extraósea relacionada con las extensas inserciones musculares que presentan. Ambos sistemas, además, presentan abundantes anastomosis.

Anatomía del hueso ilíaco. Inserciones musculares

El **hueso ilíaco** forma, junto con el isquion y el pubis, la pelvis ósea (**Figs. 22 y 23**). El conjunto del hueso coxal tiene múltiples fuentes de vascularización provenientes esencialmente de las arterias glúteas, obturadora, iliolumbar y pudenda interna¹⁰⁰. El borde superior ilíaco (**cresta ilíaca**), que es subcutáneo en toda su extensión, está limitado posteriormente por la espina ilíaca posterosuperior y anteriormente por la **espina ilíaca anterosuperior**¹⁰¹. En su parte lateral, la cresta ilíaca presenta inserciones de los músculos *TFL*, glúteo mayor, medio y menor mientras que, en su parte medial, recibe una extensa inserción de los músculos ilíaco, transverso abdominal y oblicuos interno y externo abdominales. El **tubérculo ilíaco**, localizado a unos 3-5 cm por detrás de la EIAS, representa la parte más lateral de la cresta anterior y define el margen posterior de inserción del *TFL*. Se define **ala ilíaca** (o dorso ilíaco) a la superficie externa, o glútea, del hueso ilíaco. Su superficie, convexa en su parte anterior y cóncava en su parte posterior, es sitio de amplias inserciones de la musculatura glútea.

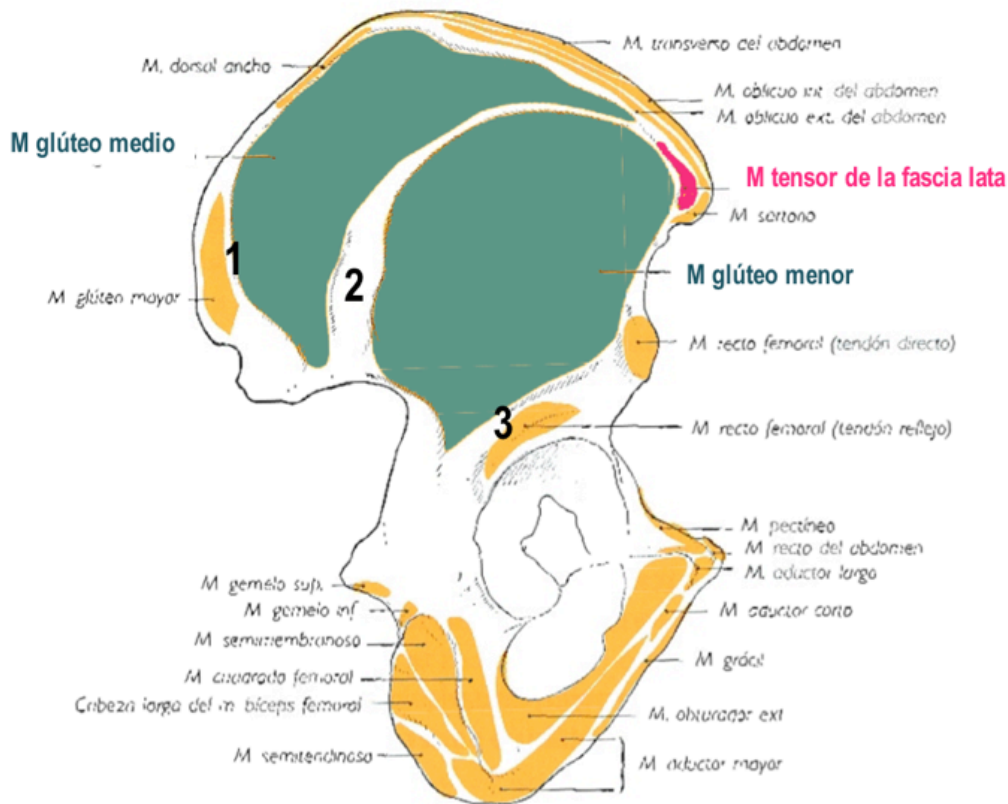


Figura 22. Anatomía del hueso coxal

Según Rouviere⁷⁸. 1. Línea glútea posterior. 2. Línea glútea anterior. 3. Línea glútea inferior. (Imagen reproducida de ref.⁷⁸)

En el ala ilíaca, tres líneas curvas tuberculares discurren que se arquean superior y anteriormente a partir del foramen ciático mayor: (1) la **línea glútea posterior**, que separa el músculo glúteo medio anteriormente de la inserción posterior del músculo glúteo mayor (la línea glútea posterior se extiende desde el foramen ciático hasta la espina ilíaca posterosuperior), (2) la **línea glútea anterior**, que separa el origen del músculo glúteo menor inferiormente del músculo glúteo medio superiormente y (3) la **línea glútea inferior**, que separa las inserciones del músculo glúteo menor del acetábulo y representa la inserción del tendón reflejo músculo recto femoral y del ligamento iliofemoral.

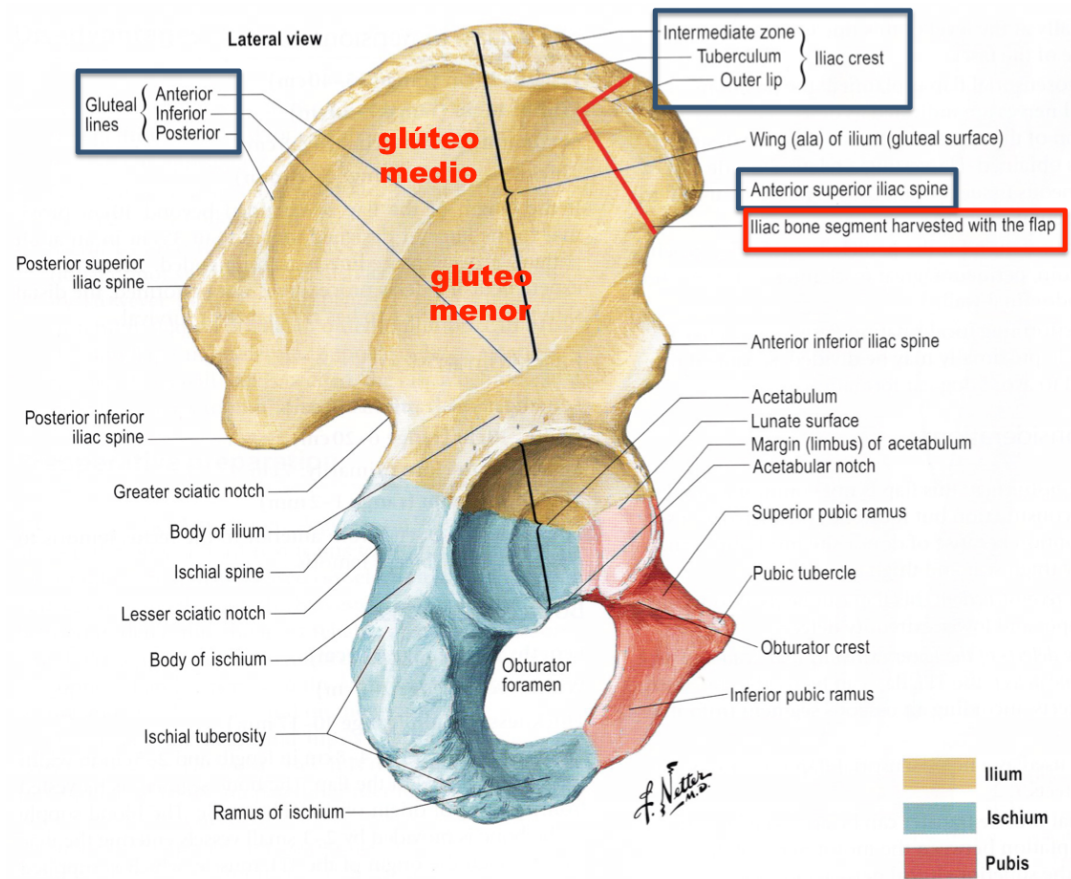


Figura 23. Anatomía del hueso coxal
Según Netter. (Imagen reproducida de ref.¹⁰²)

Vascularización de la cresta ilíaca

La cresta ilíaca ofrece una cantidad generosa de hueso cortical y esponjoso y es utilizada frecuentemente, debido a su reducida morbilidad y buen acceso quirúrgico, tanto para la toma de injertos convencionales no vascularizados¹⁰³ como para la transferencia ósea o compuesta vascularizada¹⁰⁴. La cresta ilíaca anterior presenta una rica vascularización a partir de cuatro vasos nutrientes¹⁰⁵ (Fig. 24).

La **arteria circunfleja ilíaca superficial**, que vasculariza la piel y estructuras superficiales de la región y da algunas ramas, poco consistentes, a la cresta ilíaca anterior^{106,107}. Su utilización clínica como transferencia ósea está abandonada si bien fue la primera en ser publicada¹⁰⁷.

La **rama ascendente de la ACFL**, que vasculariza la cresta ilíaca anterior a través de las inserciones musculares de *TFL* y que es objetivo de esta investigación.

La rama profunda de la **arteria glútea superior**^{101,108}. Nace en el margen inferior del músculo glúteo medio. Se divide entonces en una rama superior y otra inferior debajo de este músculo. La rama profunda superior discurre entonces anteriormente y cerca de las inserciones ilíacas del glúteo medio. Cerca de la EIAS se anastomosa con la ACFL/A debajo del TFL. A lo largo de su recorrido da 6-19 ramas óseas que vascularizan la cresta ilíaca. Es la arteria más importante en la vascularización de la parte posterior de la cresta ilíaca y, según algunos autores¹⁰⁸, también de la anterior.

La **arteria circunfleja ilíaca profunda** que, tras nacer de la arteria ilíaca externa o de la arteria femoral cerca del ligamento inguinal, vasculariza los músculos adyacentes a la cresta ilíaca y la parte interna de la cresta ilíaca. Durante su recorrido da 2-8 pequeñas ramas de su segmento medio (segmento arcuato) hacia la porción anterior de la cresta ilíaca. Es la arteria más importante en la vascularización de la parte anterior de la cresta ilíaca y ha fundamentado, por su fácil acceso quirúrgico, la mayor parte de la literatura relacionada con la transferencia ilíaca vascularizada.

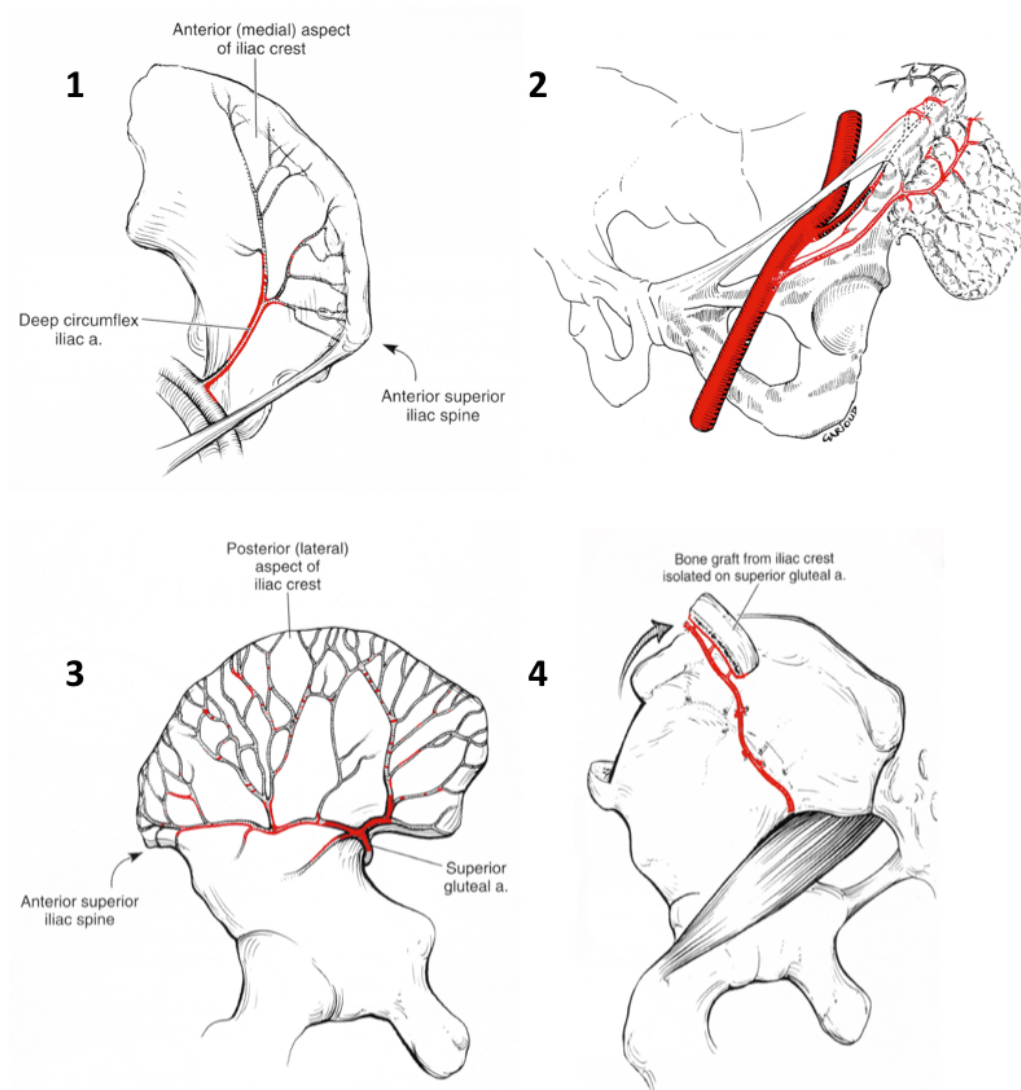


Figura 24. Principales arterias en la vascularización de la cresta ilíaca anterior. Según Serafin y Gilbert 1. Arteria circunfleja femoral profunda, pedículo habitual en la transferencia clínica. 2. Las ramas fasciocutáneas de la arteria circunfleja femoral superficial pueden soportar una pequeña porción de la cresta ilíaca, pero de una manera poco fiable. En contraposición, la transferencia basada en la arteria circunfleja ilíaca profunda es consistente. 3. La arteria glútea superior, según Huang, es la más importante en la vascularización de la cresta ilíaca. 4. Transferencia de cresta ilíaca basada en la arteria glútea superior. (Imágenes adaptadas de ref.⁹⁸ y ¹⁰¹)

TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA

En 2001, un grupo destacado de expertos¹⁰⁹ consideró que el cambio más importante en la medicina de los últimos 30 años había sido la introducción de estudios de imagen basados en cortes seccionales. El primer tomógrafo computarizado, desarrollado por Sir Godfrey Hounsfield¹¹⁰ y, de manera independiente, por Allen Cormack¹¹¹, fue utilizado por primera vez en un estudio cerebral en 1972. A ambos investigadores el descubrimiento les supuso el Premio Nobel de Medicina en 1979.

La tomografía computerizada (TC) es la reconstrucción por medio de un ordenador de un plano tomográfico del organismo, obteniéndose una imagen bidimensional con las medidas de absorción de los rayos X por las distintas estructuras orgánicas¹¹². A diferencia de la radiografía convencional, los fotones atenuados al pasar por el organismo, en vez de impresionar una placa radiográfica, lo hacen sobre unos mecanismos de recogida energética denominados detectores cuya información es procesada en un ordenador. Cada corte de TC está compuesto por un número determinado de elementos volumétricos, cuya unidad de volumen se denomina **voxel**. Los voxels quedan representados de una forma bidimensional en la consola del monitor como una imagen axial compuesta a su vez por otras unidades llamadas **pixels**.

Los elementos básicos de un equipo de TC son: 1) **mesa** o camilla para el paciente, 2) **gantry** donde están ubicados los detectores y el tubo de emisión de rayos X y 3) **estación de trabajo** (*workstation*) para el postprocesamiento de imágenes (**Fig. 25**).



Figura 25. Componentes del tomógrafo computarizado multicorte de última generación
(Imagen reproducida de www.toshiba-medical.eu)

La energía se obtiene a través de un generador de alta tensión y un tubo de rayos X que produce la radiación necesaria (fotones) en un haz colimado. Las estructuras que son atravesadas por este haz absorben una cantidad de radiación proporcional a su coeficiente de atenuación, que está en relación con la densidad, el número atómico y el espesor de dichas estructuras. Los detectores recogen esta radiación atenuada y emiten una señal que es transformada electrónicamente y recogida por un tubo fotomultiplicador. Por medio de un convertidor analógico-digital, esta señal pasa al ordenador donde se lleva a cabo el tratamiento y reconstrucción de la imagen. El ordenador debe recibir múltiples señales después de explorar al paciente en diferentes ángulos. Cuanto mayor sea el número de dichas señales, mayor será la calidad de la imagen. El proceso de reconstrucción de una imagen es matemático y se basa en una serie de algoritmos, entre los cuales el más utilizado es el llamado *transformado de Fourier*. Como el grosor de

todas las unidades es constante, cada uno de ellos es representado en una red bidimensional de pixels que conocemos con el nombre de matriz, la cual contiene hasta 520×520 unidades o pixels. Cuanto más pequeño sea el tamaño del pixel y mayor sea su número, o ambas circunstancias juntas, mejor será la calidad de la imagen. Las diferencias en los coeficientes de atenuación de los distintos materiales da lugar a una escala, llamada de **Escala de Unidades Hounsfield** que va desde el +1000 para el metal o hueso hasta el -1000 para el aire. La unidad 0 es el valor del agua. Esta es una escala arbitraria, pero que debe permanecer constante en cada aparato y en todos los pacientes que se estudien con el mismo equipo.

Tomografía computarizada helicoidal

El empleo de la tomografía computarizada convencional en el estudio de las patologías vasculares es restringido para el diagnóstico de lesiones graves, tales como los aneurismas de aorta y de algunas de sus complicaciones. Esto se debe al hecho de que es un examen muy lento, que necesita de un largo periodo de tiempo para la adquisición de una única imagen, así como de un intervalo grande entre cada imagen. El desarrollo de la tecnología helicoidal (también llamada espiral o volumétrica) a final de la década de 1980 redujo significativamente el tiempo de adquisición de una imagen a cerca de 1 segundo y eliminó el intervalo de tiempo entre la obtención de cada imagen. A diferencia de la TC convencional, en la TC helicoidal se produce una rotación continua del tubo de rayos X mientras se desplaza la mesa que transporta al paciente a una velocidad constante. De este modo, el haz de rayos traza una hélice alrededor de la superficie del enfermo, permitiendo una adquisición volumétrica y continua de todos los datos de la superficie explorada. La TC helicoidal aumentó el uso de la tomografía en la valoración de las patologías vasculares (angiotomografía), no solamente en su diagnóstico, sino, también, en su estudio preoperatorio. Esto posibilitó la utilización de dicho método en la valoración de vasos de menor diámetro como las arterias carótidas, intracraneales, renales, mesentéricas, entre otras, para el estudio de aneurismas, malformaciones y estenosis. En 1998 la TC tuvo una gran revolución con el lanzamiento de la tomografía computarizada

helicoidal multicorte (multislice) que proporciona imágenes a través de múltiples canales de detectores. Los primeros equipos de esta generación presentan cuatro canales, y los más recientes, de 64 a 256 canales. Estos equipos están dotados de hardware y software que posibilitan el estudio de segmentos extensos de forma rápida y con un buen resultado.

La mejora constante y sustancial en la resolución de estos equipos está permitiendo la sustitución de la angiografía convencional por la angiotomografía como método de diagnóstico. Además de esto, la TCH es un examen mínimamente invasivo que mantiene otras ventajas inherentes a la tomografía computarizada, permitiendo un análisis de la pared del vaso y de los tejidos y órganos adyacentes. Sin embargo, como la angiografía, tiene dos inconvenientes: la necesidad del medio de contraste venoso yodado y la utilización de radiación ionizante.

TCH monocorte

La tomografía computarizada helicoidal monocorte utiliza un sistema de detectores tubulares con giro unidireccional que permite la adquisición de imágenes de forma continua. Con apenas una hilera de detectores, estos tomógrafos adquieren una imagen en cada rotación del sistema tubo-detector. La velocidad es un parámetro fundamental para la angiotomografía, ya que permite la realización del examen en una única apnea, durante la opacificación máxima de las estructuras vasculares por medio de contraste venoso. El tiempo de adquisición de las imágenes en una angiotomografía con estos equipos varía entre 15 y 40 segundos, aproximadamente. En su época estos equipos representaron una gran revolución y marcaron el inicio del empleo de la TC en el estudio de patologías vasculares como las conocemos hoy.

El desarrollo de los ordenadores también fue crucial en la viabilidad de la angiotomografía, posibilitando el procesamiento y almacenamiento de un gran número de imágenes de alta resolución. Otros componentes y programas permitirían, incluso, el análisis y la elaboración de las reconstrucciones multiplanares y tridimensionales, realizadas habitualmente en estaciones de trabajo dedicadas.

TCH multicorte

La tomografía computarizada multicorte utiliza básicamente el mismo sistema de adquisición de imágenes que la monocorte pero el uso de varios canales de detectores permite la adquisición de múltiples imágenes por rotación, proporcionales al número de detectores. Existen equipos de 2, 4, 8, 16, 32, 40, 64 y 128 canales. El tiempo de rotación fue reducido para mejorar la resolución temporal (tiempo necesario para la formación de cada imagen), llegando hasta 0.33 segundos. Entonces un equipo de 64 canales con una rotación de 0.33 segundos adquiere 192 imágenes por segundo. Los tomógrafos con más de 32 canales son capaces de adquirir imágenes de alta resolución espacial (corte de 0.6 mm de espesor) de cualquier segmento del cuerpo con extensión de hasta 1.500 mm. Los exámenes de segmentos más cortos como los del tórax y de las arterias renales están beneficiados por la velocidad, pudiendo ser estudiados en menos de 5 segundos.

De acuerdo con la sincronía entre la administración del medio de contraste y la apnea del paciente, los datos son obtenidos continuamente durante el movimiento de la mesa de examinación y la rotación del sistema tubo-detectores. Uno de los principales parámetros que influyen directamente la calidad de las reconstrucciones es el **grosor de corte** (*slice thickness*). En los equipos con mayor número de canales este parámetro es siempre óptimo, independientemente del tamaño y del segmento estudiado, siendo la adquisición realizada con la menor espesura del corte (0.5 o 0.6 mm). En los equipos monocorte y multicorte con pocos canales cuanto menor es el grosor de corte, mayor es la resolución pero menor será la extensión estudiada. El grosor de corte utilizado depende, por tanto, de la resolución deseada, el tamaño del segmento estudiado y la velocidad del equipo en el cual se realiza el estudio. Otros factores que interfieren en la resolución de la imagen son el miliamperaje (medido en mAs, miliamperios por segundo) y el pitch (velocidad de desplazamiento de la mesa). El aumento del **miliamperaje**, que mide la dosis de radiación, mejora la relación señal-ruido pero acorta la duración de la emisión de rayos X por el tubo, situación enfrentada frecuentemente por los equipos monocorte o multicorte de pocos canales. Los equipos más avanzados están dotados de tubos de rayos X más potentes y con

alta capacidad de disipar calor, eliminando prácticamente los exámenes con baja resolución debido al déficit de mAs. El **pitch** es definido como la razón entre el desplazamiento de la mesa por rotación y la colimación multiplicada por el número de canales. Cuanto mayor el pitch, mayor el volumen estudiado y menor la duración del examen y su resolución. El pitch es un factor determinante de la calidad de la imagen y de la dosis de radiación que recibe el paciente¹¹³.

Las ventajas fundamentales de la TC helicoidal respecto a la TC convencional son: 1) acortamiento del tiempo de exploración, lo que permite frecuentemente realizar los estudios en una pausa de apnea y así minimizar los artefactos de movimiento y respiratorios, 2) generación de imágenes multiplanares gracias a la reconstrucción y procesamiento de los datos obtenidos, 3) optimización de la dosis de contraste yodado y 4) realización de estudios en fase arterial y venosa, aproximándose bastante a los estudios angiográficos^{114,115}.

Dosis de radiación

La cantidad de radiación absorbida por diferentes órganos y tejidos del organismo se expresa en miliSieverts (mSv). Usando la dosis efectiva, el riesgo de padecer cáncer se estima que es de 50 por millón en la población expuesta a 1 mSv, no habiendo cambiado sustancialmente en los últimos años¹¹⁶. La dosis de radiación para un estudio particular depende de múltiples factores: 1) volumen de estudio, 2) constitución del paciente, 3) tipo de secuencias de escaneo y 4) resolución y calidad deseadas de la imagen. Además, dos parámetros relativos al tomógrafo tienen un efecto importante en la dosis de radiación: corriente de tubo (*tube current*) y *pitch*¹¹⁷. Para que los médicos y la comunidad en general comprendan mejor la cantidad de radiación en los diferentes métodos diagnósticos, se los compara con la radiografía simple de tórax posteroanterior, siendo 1mSv equivalente a 50 Rx. Un estudio tomográfico de abdomen emite un nivel de radiación de 10 mSv, equivalente a 500 Rx, lo cual implica un riesgo de desarrollo de un cáncer sólido maligno, en los 10 o 20 años siguientes, de 1 en 2.000. Una tomografía computerizada multicorte equivale a entre 700 y 1000 radiografías convencionales. Einstein y col¹¹⁸ estudiaron el riesgo de cáncer asociado a la tomografía multicorte de 64 detectores en estudios de angiografía

coronaria y arco aórtico, observando, con equipos estándar, una dosis efectiva de 15 mSv para la angiografía coronaria en hombres y 21 mSv en mujeres. Según los autores, el riesgo asociado de desarrollar cáncer sería, para mujeres de 20 años, del 0.7% y, para mujeres de 60 años, del 0.22%. En el mismo estudio, el riesgo calculado en varones de 20 años de edad sería de 0,99% y, para varones de 60 años, de 0,81%. Berrington de González y col¹¹⁹, 2004, analizan los métodos diagnósticos que utilizan rayos X en 15 países. En el Reino Unido, provocan un riesgo acumulado de cáncer de 0,6% a los 75 años, lo cual equivale a 700 casos por año. Los órganos más afectados en el hombre son la vejiga, el colon y la sangre (leucemia), en tanto en la mujer lo son el pulmón y la mama. Estados Unidos presenta un riesgo atribuible de 0,9% (5.695 casos/año), Alemania 1,5% (2.049 casos/año), Australia 1,3% (431 casos/año). El país con mayor riesgo es Japón, con 3,2% (7.587 casos/año), siendo el que mayor cantidad de estudios radiológicos realiza anualmente cada 1.000 habitantes. La información expuesta parece alarmante si no se la analiza en detalle, desde el aspecto médico, epidemiológico y ético. Gran cantidad de médicos solicitan un estudio diagnóstico teniendo en cuenta el beneficio sobre la patología y las eventuales reacciones adversas o complicaciones a corto plazo (alergia al yodo, ateroembolia o disección en una arteriografía). Sin embargo, la solicitud de pruebas radiológicas no suele considerar los efectos en el largo plazo, muchas veces desconocidos por los profesionales médicos. Shiralkar y col¹²⁰, mediante un cuestionario a profesionales médicos, encontraron que 97% de los encuestados subestimó la dosis de radiación de varios estudios, 5% desconocía que el ultrasonido no utiliza radiación ionizante y 8% también desconocía este mismo dato relativo a la resonancia magnética.

Entonces nos preguntamos ¿qué significación tiene el riesgo acumulado de cáncer asociado a los estudios radiológicos?. La *Royal Society of Medicine*, del Reino Unido, en 1983, estableció que este riesgo es aceptable si: 1) el paciente conoce el riesgo, 2) si el estudio está asociado a un beneficio significativo y 3) si se ha realizado todo lo razonable para disminuir el riesgo¹²¹.

Medios de contraste

Una de las claves para la realización de la angiotomografía es la obtención de las imágenes durante el pico máximo de opacificación de las estructuras vasculares estudiadas. Esto se obtiene a través de la infusión del medio de contraste yodado en una vena periférica mediante una bomba inyectora mecánica. Las bombas inyectoras de doble cabeza inyectan medio de contraste por una jeringa y suero fisiológico por la otra, alternada o simultáneamente, de acuerdo con el protocolo establecido. Esta técnica puede reducir significativamente el volumen del medio de contraste utilizado, mejorar la calidad de la opacificación arterial y reducir la cantidad de artefactos generados. Para sincronizar el paso del medio de contraste a través del vaso de interés y la adquisición de las imágenes se utiliza un retardo entre el inicio de la infusión y el accionamiento del aparato. Éste intervalo puede variar de acuerdo con varios factores, tales como la localización del vaso, la función cardíaca del paciente y las presiones arterial sistémica y pulmonar. Su cálculo puede realizarse mediante el llamado **bolus test**, técnica en la que obtiene una curva de opacificación del vaso, que muestra el retardo ideal para el paciente. Más recientemente, con aparatos multicorte, se pasó a utilizar el **bolus triggering**, donde el total del volumen del contraste es inyectado y monitorizado a través de cortes secuenciales sin incremento como ocurre en el *bolus test*. El *bolus triggering* tiene como ventaja la eliminación de la necesidad de una prueba, disminuyendo la duración del examen, y evitando la utilización de un volumen adicional de medio de contraste.

Se da preferencia al medio de contraste no iónico debido a la menor probabilidad de reacciones fisiológicas e idiosincráticas, así como menor lesión tisular en caso de extravasación del contraste en el sitio de punción. El flujo habitualmente utilizado varía de 3 a 6 ml por segundo, y el volumen del medio de contraste puede ser calculado multiplicando la duración de la hélice por el flujo deseado. En situaciones donde la realización del examen es imperativa, los pacientes con antecedentes alérgicos deben ser sometidos al esquema de insensibilización y los exámenes realizados en ambiente monitorizado, con acompañamiento del profesional médico capacitado en la atención de reacciones adversas. El medio

de contraste yodado es utilizado rutinariamente en la angiotomografía, aumentando los coeficientes de atenuación de la sangre, posibilitando su diferenciación de los demás tejidos adyacentes, que tienen la misma densidad, e inclusive de la pared de los vasos. El uso de contraste debe ser cauteloso en pacientes con atopia y en aquellos con función renal comprometida. La nefropatía inducida por el medio de contraste venoso es volumen dependiente, más frecuentemente con contraste iónico y más prevaleciente en pacientes con alguna lesión renal previa. Se recomienda en estos pacientes la hidratación antes y después del procedimiento y el uso de contraste yodado no iónico. Estos pacientes se benefician realizando el examen en equipo multicorte, que permite la reducción drástica del volumen de contraste, pudiendo evaluar las arterias renales, por ejemplo, con cerca de 30 mm¹²²

Angiotomografía computarizada en la actividad clínica

La angiotomografía computarizada es una prueba de imagen que combina las tecnologías de la tomografía computarizada convencional con la angiografía a fin de crear imágenes detalladas de los vasos sanguíneos. Este procedimiento es no invasivo o de mínima invasión dado que en los estudios que requieren administración de medios de contraste lo hacen en menor cantidad y a través de una vena periférica. Con la llegada, a finales de los 1990, de los tomógrafos multidetector, la angiotomografía computarizada comienza un rápido proceso de expansión e implantación clínica gracias al desarrollo rápidamente creciente de un mayor número de canales y al desarrollo de estaciones de trabajo dedicadas al postprocesamiento de imágenes 3D. Las nuevas técnicas de imagen no invasivas han permitido la eliminación de la variabilidad interobservador y los largos tiempos de escaneo asociados al ultrasonido además de eliminar el carácter invasivo de la angiografía con catéter. La rápida evolución de la tomografía computarizada multidetector ofrece a la comunidad médica posibilidades sin precedentes por cuanto todos el conjunto de datos obtenidos representan mucho más que sólo un conjunto de imágenes¹²³. Su análisis y post-procesamiento es uno de los pilares que subyace en algunos de los más recientes avances en el diagnóstico y tratamiento de la enfermedad coronaria¹²⁴⁻¹²⁶, el embolismo

pulmonar^{127,128}, la hipertensión de origen renal¹²⁹, los aneurismas de aorta^{130,131} y otros vasos mayores, las malformaciones arteriovenosas y aneurismas cerebrales¹³²⁻¹³⁴, la enfermedad aterosclerótica vascular periférica^{135,136}, lesión vascular aguda^{137,138} y, recientemente, la cirugía de colgajos de perforante. Su utilidad, por tanto, no es sólo diagnóstica sino que ha pasado a ser herramienta fundamental en la elección de la modalidad terapéutica. La técnica ha demostrado, además, gran rendimiento en la evaluación preoperatoria de numerosas intervenciones además de permitir, en determinados procedimientos, una verdadera planificación virtual de la cirugía. Por todo ello, cada vez más médicos no especialistas en Radiología están incorporando el post-procesamiento de las imágenes DICOM en su práctica profesional cotidiana.

II INTRODUCCIÓN

**Escribirlo me llevó tres meses; concebirlo, tres minutos; recopilar los datos, toda
mi vida**
Anónimo

En el área de trabajo de la Cirugía Plástica y Reconstructiva, la región de la cadera y superolateral del muslo ha sido objeto de numerosos estudios anatómicos clásicos, relacionados muchos de ellos con la vascularización de la porción anterosuperior de la cresta ilíaca y del músculo tensor de la fascia lata y piel suprayacente. Con la llegada de los colgajos basados en perforante y las transferencias compuestas microquirúrgicas, la región vuelve nuevamente a ser objeto de estudio. El miembro inferior es el mayor donante del cuerpo humano en potenciales colgajos de perforante pero a pesar de ello, y a diferencia de su homónima descendente, la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral ha sido apenas investigada en los últimos años.

ANATOMÍA DE LA ARTERIA CIRCUNFLEJA FEMORAL LATERAL

Arteria femoral

La anatomía de la arteria femoral y sus ramas mayores ha sido bien descrita desde hace muchos años por los principales anatomistas europeos^{77,78,139-141}. La arteria ilíaca externa pasa a denominarse **arteria femoral** tras su paso por detrás del ligamento inguinal. La arteria femoral se divide en sus ramas superficial y profunda unos 3-4 cm por debajo de aquél, actuando el músculo aductor largo como separación entre ambas ramas. Mientras que la rama superficial discurre anterior al aductor largo, la rama profunda se sitúa lateral y ligeramente posterior a él. La **arteria femoral profunda** discurre distalmente, primero entre los músculos aductor largo y corto y luego entre el aductor largo y mayor. Durante su curso, posterior al músculo aductor largo, la arteria da la arteria circunfleja femoral medial y tres arterias perforantes antes de terminar, en el tercio medio del muslo, como la cuarta arteria perforante¹⁹.

Arteria circunfleja femoral lateral

La ACFL es la segunda mayor rama del tronco de la femoral profunda y es usualmente mayor en calibre (4 mm) que la **arteria circunfleja femoral medial** (3 mm)¹⁴². Su origen habitual es la parte lateral de la femoral profunda con una

frecuencia variable según las distintas series y autores, según se refleja en la **Tab. 1**.

	AUTOR Y PORCENTAJE						
	Adachi ¹⁴³	Lippert ¹⁴⁴	Bergman ¹⁴⁵	Siddharth ¹⁴⁶	Massoud ¹⁴⁷	Basar ¹⁴⁸	Fukuda ¹⁴⁹
F. Profunda	78,2	73	76,8	71	81	67,1	78,6
F. Común	18,3	19	18	16	2,8	32,9	16,6

Tabla 1. Origen de la ACFL/A

Discurre entonces en dirección lateral, usualmente por detrás de las divisiones del nervio femoral y de los músculos sartorio y recto femoral⁷⁸. En este punto la ACFL se divide en sus ramas terminales en un punto situado a unos 12 cm de la línea media y 5 cm por debajo del punto más prominente de la sínfisis púbica^{17,77}. La última edición de 1998 de **Terminología Anatómica Internacional**¹⁵⁰, creada por la Federación Internacional de Asociaciones Anatomistas, describe la emergencia de tres ramas de la ACFL (**Fig. 26**).

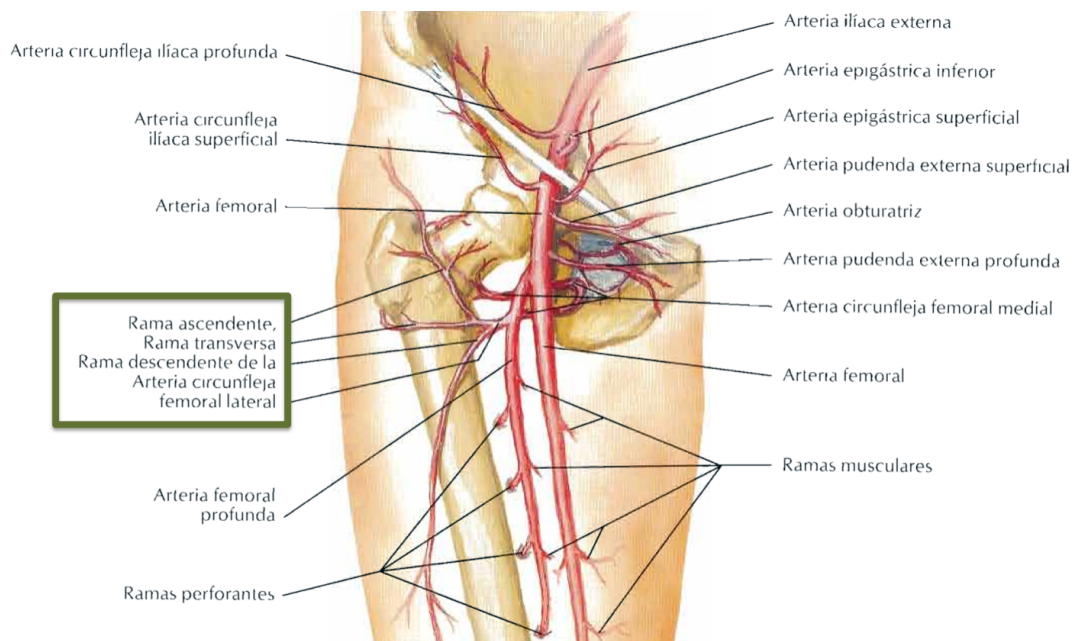


Figura 26. Arteria circunfleja femoral lateral
Según Netter. (Imagen reproducida de ref.⁷⁶)

Rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral

La *ACFL/A* discurre en dirección lateral y algo superior, pasa entre los músculos ilíaco y recto femoral y da ramas para las porciones más craneales de los músculos vasto lateral, sartorio y recto femoral. A continuación, a nivel de la línea intertrocanterea, da ramas vasculares para la articulación de la cadera y la cabeza y cuello femorales^{17,139}. La *ACFL/A* emite el pedículo principal del *TFL* a una distancia de 8-10 cm de la espina ilíaca anterosuperior. Antes de entrar en el espesor muscular del *TFL*, la *ACFL/A* da algunas ramas pequeñas que vascularizan los músculos glúteos y se anastomosan distalmente con ramas arteriales de la arteria glútea superior y la circunfleja ilíaca profunda. Esto completa el sistema de anastomosis de la región lateral del muslo entre los vasos glúteos (posteriores) y los vasos femorales (anteriores).

Rama transversa de la arteria circunfleja femoral lateral

Esta rama nace habitualmente de la rama ascendente y es la menor de las tres. Discurre sobre el músculo vasto intermedio y pasa lateralmente por debajo del borde anterior del vasto lateral. Atraviesa e irriga este músculo y se curva hacia posterior alrededor del fémur por debajo del trocánter mayor donde forma la anastomosis cruciforme junto con las arterias circunfleja femoral medial, glútea inferior y primera perforante

Rama descendente de la arteria circunfleja femoral lateral

Esta rama, denominada “**arteria del cuádriceps**” por los anatomistas franceses⁷⁸, es la más importante de las tres y puede considerarse como la continuación del tronco principal. Da ramas a los músculos vasto lateral, recto femoral y, a veces, sartorio y continúa como un vaso de calibre importante a lo largo del borde anterior del vasto lateral en compañía del nervio de dicho músculo³⁷. A lo largo de su recorrido en el intervalo entre vasto lateral y recto femoral, da origen a perforantes musculocutáneas y fasciocutáneas. Distalmente se anastomosa con las ramas perforantes de la femoral profunda y con la rama genicular superolateral de la arteria poplítea.

¿Existe una rama oblicua de la arteria circunfleja femoral lateral?

Tanto los libros clásicos¹⁴² como la Terminología Anatómica Internacional¹⁵⁰ describen la subdivisión de la ACFL en tres ramas ascendente, transversa y descendente. Sin embargo, algunos autores^{151,152} han referido la presencia ocasional de una rama oblicua paralela a la rama descendente cuya existencia es discutida por otros¹⁵³. Aunque algunos autores han descrito la posibilidad de una duplicidad de la rama descendente¹⁵⁴, Pan y col³⁷ refieren que, además de la rama descendente, una o más ramas oblicuas descendentes discurre distalmente sobre la superficie anterior del vasto intermedio. Con probabilidad, esta rama oblicua corresponde con la **arteria innominada** descrita por Song y col¹⁵⁵ en la ya clásica descripción del colgajo anterolateral de muslo.

Vascularización de la cabeza femoral

La vascularización de la cadera y extremo proximal del fémur ha sido estudiada extensamente¹⁵⁶. Crock¹⁵⁷ clasifica las arterias de la región proximal del fémur en tres grupos:

- △ Un anillo **arterial extracapsular cervical femoral** formado fundamentalmente por una gran rama posterior (profunda) de la **arteria circunfleja femoral medial**. Ramas adicionales contribuyen, aunque con menor importancia, en el anillo extracapsular: rama anterior articular de la ACFL, arterias glúteas superior e inferior y primera perforante. Diversos estudios han confirmado que la fuente principal de vascularización de la cabeza femoral proviene de la rama profunda de la arteria circunfleja femoral medial¹⁵⁸⁻¹⁶⁰
- △ **Ramas ascendentes cervicales** que se originan del anillo extracapsular cervical y terminan como arterias retinaculares que dan origen al anillo vascular intravascular subsinovial¹⁶¹. Las ramas ascendentes originan ramas metafisarias que penetran en el cuello femoral mientras que el anillo intracapsular da lugar a las ramas epifisarias laterales e inferior.
- △ **Arteria foveal o del ligamento redondo**, derivado de la arteria obturadora o de la ACFM.

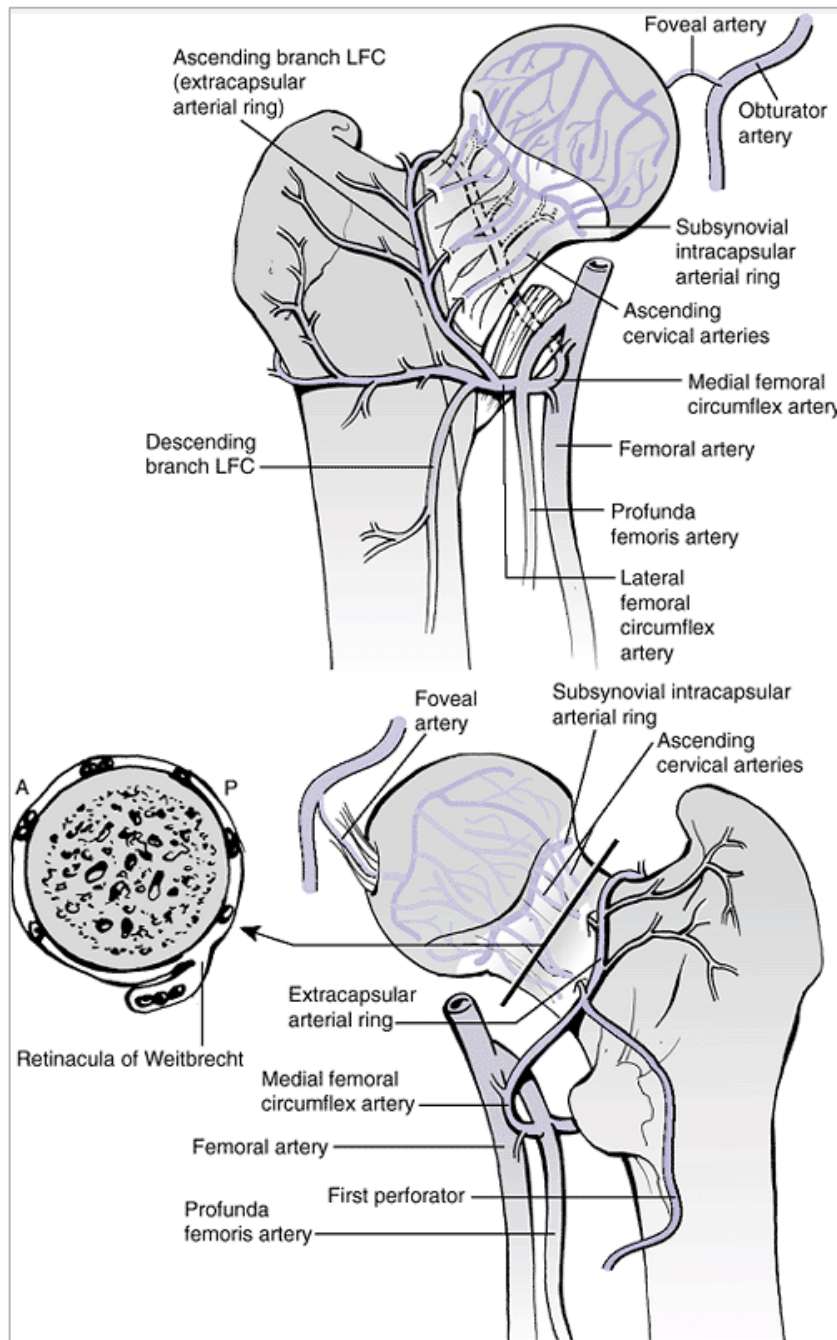


Figura 27. Anillo arterial del cuello femoral
Según Rockwood and Green. (Imagen reproducida de ref.¹⁵⁶)

La cadera presenta dos círculos anastomóticos importantes entre la arteria femoral o su rama profunda y los vasos glúteos: cruciforme (*cruciate*) y troncantéreo⁴⁸. La **anastomosis cruciforme** es una anastomosis entre las arterias glútea inferior, circunflejas femorales medial y lateral y la primera arteria perforante. Su importancia deriva de su capacitación como vía alternativa en la vascularización de la pierna en caso de obstrucción femoral o ilíaca externa. La **anastomosis**

trocantérea, localizada en el trocánter menor, está formada por la rama descendente de la arteria glútea superior, la arteria glútea inferior y rama ascendentes de las arterias circunflejas femorales medial y lateral (**Fig. 27**).

Anastomosis vasculares en el muslo

Sobre todo en la parte posterior pero también en la anterior, existe una importante cadena de anastomosis vasculares a lo largo del muslo desde la región glútea hasta la fosa poplítea. Fundamentalmente a expensas de interconexiones vasculares entre los distintos músculos, diversas arterias participan en ellas: glúteas, circunflejas femorales medial y lateral, perforantes de la profunda y ramas musculares proximales de la arteria poplítea. Gracias a este rico sistema de anastomosis vasculares, la irrigación distal del miembro puede preservarse en caso de lesión arterial femoral.

Variaciones anatómicas de la arteria circunfleja femoral lateral

En la descripción clásica, la ACFL nace del lado lateral de la arteria femoral profunda y la arteria circunfleja femoral medial de su porción posteromedial. Los trabajos clásicos de Adachi¹⁴³, en 1928, Dubreuil-Chambardel¹⁶², en 1926, y Williams y col¹⁶³, en 1934, además de otros autores^{145-147,149,162,164} han estudiado las posibles variaciones anatómicas relativas a su origen en la arteria femoral o sus ramas. En 1985, Lippert y Pabst¹⁴⁴ y Bergman y cols¹⁴⁵ describen hasta ocho patrones de ramificación de ACFL en relación a la arteria femoral profunda. Vázquez y col¹⁶⁵, en base a una serie propia y a la revisión de la literatura, refieren tres patrones posibles en el modo de nacimiento de las arterias circunflejas femorales, medial y lateral (**Tab. 2**):

Tipo 1	Ambas arterias circunflejas nacen de la femoral profunda. Habitualmente el origen de la ACFM es proximal al origen de la ACFL	64,4%
1a	ACFM nace proximal a la ACFL	Variante más frecuente
1b	ACFL nace proximal a la ACFM	
1c	ACFL y ACFM nacen como tronco común	
Tipo 2	Una de las arterias nace de la femoral profunda y otra de la femoral común	30%
2a	ACFM nace de femoral común y ACFL nace de profunda	
2b	ACFL nace de femoral común y ACFM nace de profunda	
Tipo 3	ACFM y ACFL nacen de femoral común	Variable según las series

Tabla 2. Variaciones de origen de las arterias circunflejas femorales

Dubreuil-Chambardel¹⁶², en 1926, describe diversas variaciones anatómicas de la rama descendente que simplificó en tres tipos:

- Δ I. La ACFL/D nace independientemente de la femoral profunda, usualmente distal al origen de la ACFL (31%). Con menor frecuencia, proximal (9%) o al mismo nivel (2%) que la ACFL. Esta forma de origen representaría la “arteria del cuádriceps” de los anatomistas franceses.
- Δ II. La ACFL/D nace en un tronco común con la ACFL (44%). Esta es la forma descrita por los anatomistas ingleses. El tronco común puede disponerse de manera horizontal, descendente o ascendente. Salmon confirmó la predominancia de esta variante en 62% de los sujetos examinados.
- Δ III. La ACFL/D nace de la arteria femoral común, bien por encima del origen de ACFL (11%) o, con menor frecuencia, por debajo de ésta (3%).

No se han descrito diferencias entre lados derecho e izquierdo ni entre sexos en la anatomía de las arterias circunflejas femorales¹⁶⁶.

De manera similar al sistema arterial, Baird y Cope¹⁶⁷, en 1933, describen cuatro formas de terminación de las venas circunflejas femorales en la femoral profunda. A diferencia de la forma clásica descrita, con ambas venas circunflejas terminando en la vena femoral profunda, los autores encuentran, como forma más habitual, la terminación independiente de ambas venas en la femoral común.

EL COLGAJO TENSOR DE LA FASCIA LATA EN LA RECONSTRUCCIÓN DE PARTES BLANDAS

Desde la descripción del **colgajo anterolateral de muslo** por Song y col¹⁵⁵ en 1984, el eje *ACFL* ha sido, sobre todo su rama descendente, fuente de gran atención en la cirugía reconstructiva con colgajos^{168,169}. Además, numerosos autores han demostrado su interés como fuente de injertos arteriales para la revascularización miocárdica¹⁷⁰⁻¹⁷⁴ o carotídea¹⁷⁵. Sin embargo, mucho antes, la *ACFL/A* ya demostró utilidad, versatilidad y fiabilidad en la reconstrucción de defectos complejos de partes blandas. El **colgajo musculocutáneo del tensor de la fascia lata** fue uno de los primeros colgajos descritos basados en la este eje arterial^{82,87}.

Existe cierta discusión en la literatura sobre qué rama de la *ACFL* interviene de manera más importante en la vascularización muscular por cuanto hay autores que consideran que es la rama transversa^{74,87,92,96,176} mientras que otros apuntan hacia la rama ascendente^{94,96,177,178}. Cotrufo y Dabernig¹⁷⁹, en un estudio en 31 miembros inferiores, encuentran que en 74% de los casos la rama ascendente vasculariza el músculo mientras que en 13% es la transversa y en 13% es una rama directa de la arteria femoral o femoral común. Pan y col³⁷, en un estudio sobre los angiosomas del muslo y región glútea, describen que tanto la rama ascendente como la transversa participan en la vascularización del *TFL*. Saadeh y col¹⁸⁰ encuentran que en 67% de los casos la vascularización proviene únicamente de *ACFL/A* y en 33% restante se encuentran ramas adicionales menores de *ACFL/T* y *ACFL/D*. Incluso se ha publicado la vascularización de la parte distal del músculo por perforantes de la femoral profunda¹⁸¹. Independiente del vaso de origen, la arteria nutricia penetra en el músculo a unos 6-12 cm por debajo de la cresta ilíaca anterosuperior, donde presenta un diámetro de 2-3 mm^{85,177,180,182}. El retorno venoso proviene de venas concomitantes pareadas que acompañan íntimamente a las arterias. Dentro del espesor del músculo, el pedículo vascular se divide en dos ramas¹⁰¹ (ascendente y descendente), cada una de las cuales participa a su nivel en la vascularización muscular. Según Nahai y col⁸² y Medot y Fissette¹⁸³, pero en oposición a la opinión de otros^{26,27,184,185}, la

rama ascendente del *TFL* participa en la vascularización de la cresta ilíaca a través de la inserción ósea muscular.

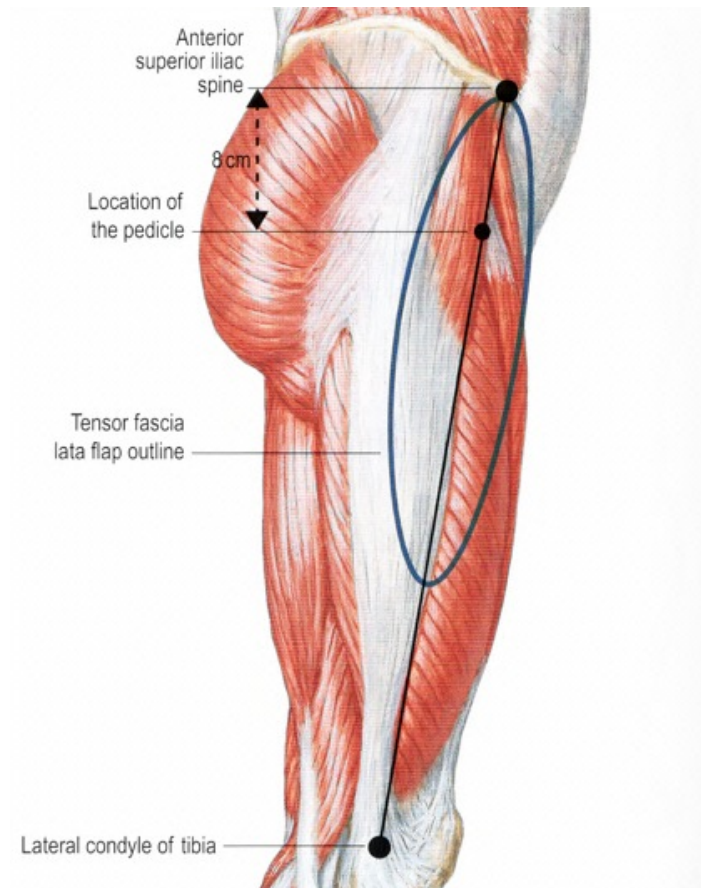


Figura 28. Puntos de referencia anatómicos del colgajo tensor de la fascia lata
Según Netter. En azul, el territorio clásico cutáneo soportado por el músculo *TFL*. El punto de entrada del pedículo vascular se halla situado a una media de 8 cm de la EIAS. (Imagen reproducida de ref.¹⁰²)

Clásicamente, desde la descripción de Nahai y col⁸⁸, se ha considerado que el territorio cutáneo que puede incorporarse en la transferencia muscular del *TFL* discurre longitudinalmente a lo largo del muslo (**Fig. 28**), que está basado en perforantes musculocutáneas del *TFL* (de cinco a siete) y que éstas suponen el componente más importante del riego sanguíneo de la piel superolateral del muslo^{78,165,186}. Se ha estimado que la cantidad de piel transferible con el músculo *TFL* puede representar un área medio de 15x14 cm, tres veces superior a la superficie muscular, a lo largo del eje del muslo¹⁸⁷. Sin embargo, Gosain y col¹⁸⁶ demuestran que extender la isla cutánea distalmente es arriesgado porque, más allá de unos pocos centímetros del límite muscular, su vascularización

únicamente dependería de la captura de territorios cutáneos (angiosomas) adyacentes a través de las redes vasculares de interconexión (*choke vessels*) presentes en el tejido subcutáneo. Aunque ricas en la zona, estas redes de interconexión son inconstantes y, por consiguiente, inseguras. Por ello, cuando las necesidades reconstructivas exigen extender la isla cutánea se ha sugerido diferir quirúrgicamente* el colgajo.

LA RAMA ASCENDENTE DE LA ARTERIA CIRCUNFLEJA FEMORAL LATERAL EN LA RECONSTRUCCIÓN ÓSEA

El sistema vascular de la arteria circunfleja femoral lateral ha sido desde años estudiado como una fuente fiable de transferencia de la porción anterosuperior de la cresta ilíaca en base a las inserciones óseas de *TFL*. Sin embargo, la inclusión de hueso vascularizado es todavía motivo de discusión y pocas referencias bibliográficas se encuentran sobre el tema. En 1942, Hellstadius¹⁸⁸ estudió en animal de experimentación la posibilidad de mantener la nutrición ósea a través de un pedículo muscular adherido sin resultados concluyentes. Más adelante, otros estudios experimentales¹⁸⁹⁻¹⁹² y clínicos¹⁹³⁻¹⁹⁵ sí consiguen demostrar la viabilidad ósea mediante la inserción muscular (el denominado **injerto óseo de pedículo muscular**). A lo largo de los años, diversos autores describen la utilización de la cresta ilíaca anterosuperior con pedículo muscular para el tratamiento de las pseudoartrosis de la cabeza y cuello femorales. Baksi¹⁹⁶, en 1983, describe el músculo sartorio como pedículo muscular y, en 1991¹⁹⁷, la transferencia basada en el tensor de la fascia lata. Yoon¹⁹⁸, en 2002, patenta la transferencia de cresta ilíaca basada en el músculo glúteo medio. Nahai y col⁸² también encuentran que la cortical externa ilíaca puede ser vascularizada por *ACFL*. Xu y col, en 1989, publican los resultados de una investigación en 66 muslos de adulto y concluyen que tanto el *TFL* como el glúteo medio dan ramas que vascularizan la porción anterosuperior de la cresta ilíaca¹⁹⁹.

* Diferir un colgajo (en inglés *delay*) es la interrupción quirúrgica de una parte de su vascularización en un estadio preliminar antes de su transferencia definitiva. El propósito de la técnica es minimizar el riesgo de necrosis de partes del colgajo por falta del adecuado riego sanguíneo. Muy popular en los años 80-90, su uso actual es marginal.

LA RAMA ASCENDENTE DEL EJE CIRCUNFLEJO FEMORAL LATERAL COMO BASE DE COLGAJOS COMPUESTOS

La reconstrucción de defectos complejos traumáticos y oncológicos, en especial en la región cervicofacial y en los miembros superior e inferior, requiere diferentes componentes tisulares a fin de restaurar adecuadamente la forma y la función de la zona (**Fig. 29**). Los colgajos compuestos son especialmente adecuados para la reconstrucción de este tipo de defectos por cuanto pueden aportar los componentes necesarios (piel, músculo, hueso, tendón, fascia o nervio) con la movilidad tridimensional precisa para su ubicación espacial de acuerdo a las exigencias reconstructivas.

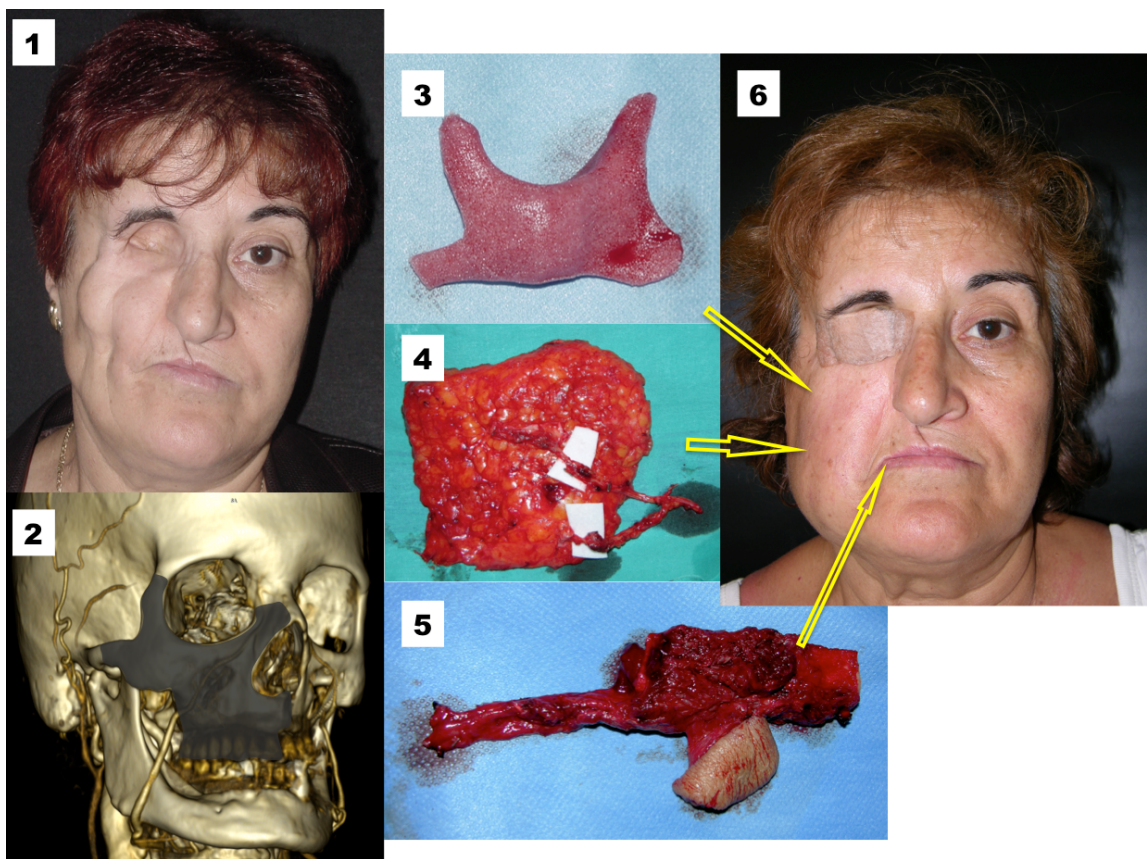


Figura 29. Defecto tisular facial complejo

Los defectos tisulares complejos precisan reconstrucciones multitisulares complejas. (1) Secuela de orbitomaxilectomía derecha. (2) Defecto tisular a reconstruir. La reconstrucción incluyó un implante aloplástico para la región malar (3), un colgajo abdominal de perforante DIEP para relleno de partes blandas y cierre del paladar (4) y un colgajo de peroné diferido para reconstrucción ósea del paladar (5). La colocación de una epítesis ocular no fue posible por problemas derivados del modelo sanitario. (6) Resultado final. (Caso clínico del autor, previo consentimiento informado de la paciente)

Clásicamente ha sido el **eje arterial subescapular-toracodorsal** sobre quien se han fundamentado gran parte de las transferencias compuestas para la reconstrucción tisular compleja por su capacidad para incluir músculo (dorsal ancho y serrato), hueso (parte lateral de la escápula) y piel suprayacente (región escapular y paraescapular)²⁰⁰⁻²⁰². Sin embargo, el sistema circunflejo femoral lateral ha emergido desde hace unos años como una nueva fuente de tejido combinado extremadamente fiable hasta el punto de competir con el eje subescapular-toracodorsal como referencia en las reconstrucciones complejas de partes blandas²⁰³⁻²⁰⁸. Este sistema vascular permite la transferencia de diversas líneas tisulares: 1) piel y tejido subcutáneo, como los colgajos de perforante anterolateral de muslo y de *TFL*, 2) músculos, como el vasto lateral²⁰⁹, el recto femoral^{210,211} y el *TFL* y 3) fascia lata vascularizada^{91,212,213}. Los numerosos pedículos vasculares independientes posibles en el sistema circunflejo femoral lateral ofrecen gran movilidad e independencia tridimensional de las diversas porciones muscular, fascial y cutánea transferidas, lo que confiere grandes posibilidades en la reconstrucción de defectos complejos de partes blandas.

La reconstrucción ósea en los defectos tisulares complejos

Existen numerosos defectos complejos donde el tejido más importante a reconstruir es el hueso, sobre todo en defectos traumáticos u oncológicos de la región cervicofacial y del miembro inferior. Tanto el eje subescapular-toracodorsal como el eje circunflejo femoral lateral son excelentes en la reconstrucción compleja de partes blandas pero presentan carencias importantes en la reconstrucción ósea. El eje subescapular-toracodorsal puede incorporar una porción de costilla²⁰¹ o escápula^{200,202,205,214}. Sin embargo, las cantidades transferibles, desde el punto de vista de reconstrucción ósea, suelen ser insuficientes en calidad y cantidad. El eje circunflejo femoral lateral permite incorporar una reducida porción de cresta ilíaca basado fundamentalmente en las inserciones musculares del *TFL*. Sin embargo, la inclusión del músculo en el colgajo limita grandemente sus posibilidades de adaptación tridimensional al defecto a reconstruir. Desde hace unos años, el **colgajo corticoperióstico de cóndilo femoral** ha emergido como una excelente opción reconstructiva en

defectos moderados o pequeños^{215,216}. Sin embargo, la reconstrucción microquirúrgica de defectos mayores, por encima de los 3-4 cm, se limita en gran medida a dos colgajos: (1) el **colgajo de cresta ilíaca**, descrito por Taylor y col¹⁰⁷ en 1978 y basada en el eje circunflejo ilíaco profundo y (2) el **colgajo de peroné**, también descrito por Taylor²¹⁷ y basado en el eje peroneo. Con sus ventajas y limitaciones, ambos permiten reconstrucciones óseas de calidad en la mayor parte de defectos. No obstante, su capacidad de incorporar otros tejidos (piel, músculo) en la transferencia es limitada o de pobre calidad. Por ello, en las reconstrucciones complejas donde se asocian defectos importantes de hueso y partes blandas existen sólo dos posibilidades de reconstrucción microquirúrgica: una reconstrucción secuencial (inicialmente reconstrucción de las partes blandas y, de manera diferida, reconstrucción ósea) o la asociación de dos colgajos (uno para reconstrucción ósea y otro para relleno o cobertura cutánea) en una misma intervención. Ambas situaciones son indeseables por cuanto aumentan los riesgos operatorios y/o disminuyen la calidad del resultado reconstructivo.

EVALUACIÓN PREOPERATORIA DE LAS PERFORANTES

La evaluación preoperatoria con imágenes del árbol vascular ha motivado el interés de los cirujanos reconstructores desde los primeros días de la reconstrucción microquirúrgica. A lo largo de los años, numerosas técnicas se han utilizado en la evaluación preoperatoria de las perforantes cutáneas (**Tab. 3**) pero sólo los estudios basados en la angiotomografía computarizada han alcanzado un nivel 2 de evidencia según el *Oxford Centre for Evidence Based Medicine (CEBM)*²¹⁸.

TÉCNICAS DE EVALUACIÓN	NIVEL DE EVIDENCIA
– Sonda Doppler	4
– Doppler a color	4
– Angiografía con catéter	4
– Angiotomografía computarizada	
Colgajos abdominales	2b
Otras regiones corporales	4
– Angiorresonancia magnética	4
Colgajos abdominales	3b
Otras regiones corporales	4
– Navegación estereotáxica guiada por imágenes	4

Tabla 3. Técnicas de imagen preoperatorias en la transferencia tisular microquirúrgica

La técnica de **ultrasonidos Doppler unidireccional** ha sido la técnica de imagen preoperatoria de referencia desde la introducción en la práctica clínica de los colgajos libres^{5,219-230}. Es una técnica accesible y económica que puede ser utilizada para investigar la localización y flujo de las perforantes. Sin embargo, localiza no sólo las perforantes adecuadas para la microanastomosis sino también las perforantes excesivamente pequeñas que no lo son. Los resultados falsos-positivos con la sonografía Doppler unidireccional pueden alcanzar el 50%. Además, la detección de las perforantes consume mucho tiempo, tiene un bajo nivel de fiabilidad y un alto grado de variabilidad entre observadores comparada con otras técnicas. Por consiguiente, la técnica no es ideal para la evaluación preoperatoria de la anatomía vascular²³¹ aunque, por su disponibilidad, es usada por la mayor parte de cirujanos.

El uso del color bidimensional asociado al Doppler (**Doppler a color**) significó una mejoría sobre el Doppler unidireccional^{218,225,226,232}. El ultrasonido Doppler a color aporta información precisa sobre el número de perforantes y su diámetro con un valor predictivo de 100%. Comparado con la ATC, el Doppler a color ofrece más información sobre la velocidad de flujo vascular, el estado y grosor del tejido subcutáneo y las características anatómicas de los músculos y fascia

subyacentes²³³. Esta técnica ha mejorado la sensibilidad y especificidad en la identificación de perforantes y es altamente fiable en la diferenciación entre arterias y venas. Las mayores limitaciones del Doppler a color son el gran consumo de tiempo que genera, la dependencia del informador (a diferencia de las técnicas angiográficas donde la variabilidad interobservador parece minimizada) y la alta especialización requerida²²⁶.

La **arteriografía** con catéter es una técnica invasiva. Durante décadas, sólo la angiografía basada en catéter podía ofrecer la visualización detallada de la anatomía vascular con fines diagnósticos y terapéuticos. Dentro de la cirugía reconstructiva, su uso se ha relacionado fundamentalmente con la evaluación preoperatoria en la transferencia de peroné vascularizado²³⁴ y en la toma de decisiones sobre los vasos receptores en las transferencias microquirúrgicas²³⁵⁻²³⁷. Su uso actual, sin embargo, ha disminuido notablemente debido a la aparición de la ATC.

La **angiotomografía computarizada multidetector** utiliza imágenes radiológicas analizadas por ordenador en combinación con un bolo de contraste intravenoso para producir reconstrucciones de alta resolución de las estructuras vasculares. El rápido avance tecnológico, con el aumento progresivo en número de detectores, ofrece imágenes cada vez más detalladas con menor tiempo y dosis de radiación. La ATC ha demostrado ventajas importantes sobre otras modalidades de imagen tradicionales. Es una técnica no invasiva, ofrece imágenes más precisas que el Doppler o el Doppler color^{232,238}, información detallada del curso intramuscular de los vasos perforantes²³⁹, información sobre otros vasos del campo escaneado y puede, además, dar información valiosa incidental²⁴⁰. En una revisión extensa bibliográfica, Pratt y col²¹⁸, concluyen que, si bien no existen estudios randomizados multicéntricos que apoyen el uso clínico de las innovaciones descritas, sí existe una extensa y creciente bibliografía que apoya los beneficios de la ATC y demuestra globalmente una alta seguridad y beneficio para los pacientes.

La **resonancia magnética**, desde su introducción en los años 70, se ha convertido en una técnica de imagen de elección en muchos estudios de las partes blandas

por sus excelentes imágenes y por no asociar el riesgo de la radiación ionizante. Sin embargo, sigue siendo una tecnología cara además de que el tiempo de escaneo es lento y está contraindicada ante la presencia de implantes médicos metálicos o claustrofobia. La suplementación de la resonancia con un material de contraste no ionizante paramagnético como el gadolinio mejora la capacidad de la técnica para evaluar el árbol arterial²⁴¹ (**angiorresonancia magnética**) y, por ello, comienza a ser una técnica de imagen popular en la cirugía reconstructiva^{242,243}. Su uso en la evaluación preoperatoria de las perforantes, sin embargo, no parece competir en este momento con la ATC²⁴⁴.

Una técnica novedosa, conocida como la **navegación estereotáxica guiada por imágenes**, puede usar los datos de escaneo preoperatorios y mapear los vasos cutáneos de un paciente en tiempo real tanto intra como preoperatoriamente²⁴⁵⁻²⁴⁷. Demostrado en diversas regiones corporales, con las imágenes de los pacientes obtenidas mediante ATC o angiorresonancia puede realizarse un mapeo estereotáxico que aporta una exactitud potencialmente superior a la de ambas técnicas solas. Estas técnicas, aunque aún en su infancia, pueden potencialmente guiar intraoperatoriamente el abordaje quirúrgico mediante la cirugía virtual y así minimizar la morbilidad operatoria.

LA APLICACIÓN OSIRIX

La aplicación de procesamiento de imágenes **OsiriX** es un programa de código abierto escrito por un radiólogo suizo, Antoine Rosset²⁴⁸⁻²⁵⁰, que transforma un Apple Macintosh en una estación de trabajo PACS DICOM para procesar y visualizar imágenes médicas. La aplicación, de código abierto, es distribuida de manera gratuita en su versión 32-bit bajo licencia GNU (General Public License) a través del sitio web www.osirix-viewer.com. Existe una versión 64-bit, disponible en gran número de idiomas entre ellos el español, que permite el uso optimizado de la memoria RAM del ordenador además de una versión OsiriX

MD* que dispone de la certificación de la FDA (*Food and Drug Administration*) estadounidense como dispositivo médico de clase II en el diagnóstico de imágenes médicas. OsiriX fue diseñado específicamente para la navegación y visualización de imágenes multimodalidad y multidimensionales 2D, 3D, 4D y 5D. El visualizador 3D permite todos los modos modernos de renderización: reformateo multiplanar (MPR), renderización de superficie, renderización de volumen y proyección de intensidad máxima (MIP). OsiriX es, a su vez, una estación PACS DICOM de visualización y renderización de imagen médica para búsqueda científica médica (Radiología e Imagenología Nuclear), imagenología funcional, imagenología 3D, microscopio confocal y imagenología molecular. OsiriX está construido según una arquitectura integral ampliable mediante extensiones (*plugins*) que permite aumentar las funcionalidades de OsiriX. Existe también una versión HD para *Iphone* y *Ipad* que abre nuevos horizontes en la portabilidad de los estudios radiológicos²⁵⁰⁻²⁵³. La aplicación no pretende reemplazar a las estaciones de trabajo profesionales sino ofrecer una herramienta flexible y útil al usuario individual. A través de la página web www.pixmeo.com se puede adquirir una guía de utilización²⁴⁹ del programa (Fig. 30).



Figura 30. Logo de Osirix
(Imagen disponible en www.osirix-viewer.com)

* Basada en el proyecto OsiriX pero distinto a él, OsiriX MD cumple con las regulaciones de la FDA: cada usuario está registrado en una base de datos y tiene un número de serie único de utilización. Cada actualización de la aplicación debe ser validada. Además cada extensión (*plugin*) debe ser aprobada por la FDA.

III HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

La investigación científica consiste en ver lo que los demás han visto y pensar en lo que los demás no han pensado

A. Szent-Gyorgyi

En el estudio de la transferencia tisular reconstructiva, la región de la cadera y superolateral del muslo ha sido objeto de numerosos estudios anatómicos clásicos, muchos de ellos relacionados con la vascularización de la porción anterosuperior de la cresta ilíaca y del músculo tensor de la fascia lata y piel suprayacente. El miembro inferior es el mayor donante del cuerpo humano en potenciales colgajos de perforante pero a pesar de ello, y a diferencia de su homónima descendente, la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral apenas ha sido investigada en los últimos años. Con la llegada de la supramicrocirugía, los colgajos basados en perforante y las transferencias compuestas microquirúrgicas, la región vuelve nuevamente a ser objeto de estudio.

HIPÓTESIS

- 1.** Además de a través de pequeñas ramas musculoperiósticas de, fundamentalmente, los músculos tensor de la fascia lata y glúteo medio (pedículo muscular), la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral participa en la vascularización de la cresta ilíaca anterosuperior mediante ramas óseas directas. Estas ramas podrían, potencialmente, sustentar la transferencia ósea ilíaca con fines reconstructivos sin la necesidad de incluir un pedículo muscular.
- 2.** La rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral termina como una rama cutánea directa que participa en la vascularización de la región superolateral del muslo y, antes de perforar la fascia profunda, discurre por un espacio musculoesquelético definido que le confiere predecibilidad anatómica. Esta rama terminal podría, potencialmente, sustentar la transferencia cutánea con fines reconstructivos.
- 3.** La rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral, a través de sus ramas musculares, óseas y cutáneas, puede sustentar la transferencia vascularizada pluritisular para la reconstrucción de defectos tisulares complejos.

4. Al igual que en otras regiones anatómicas, la angiotomografía computarizada permite un conocimiento de la anatomía vascular de la zona investigada y contribuye en la planificación preoperatoria de colgajos de perforante.
5. El visor de imágenes DICOM OsiriX permite un estudio adecuado de la anatomía aplicada a la cirugía de perforantes.

OBJETIVOS

Objetivos primarios

1. Evaluar la contribución de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral en la vascularización de la región anterosuperior de la cresta ilíaca.
2. Estudiar el modo de terminación de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral y su participación en la vascularización cutánea de la región superolateral del muslo.
3. Eventual aplicación clínica de los resultados obtenidos.
4. Realizar un estudio descriptivo general sobre la anatomía de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral.
5. Estudiar las posibilidades de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral en la transferencia tisular compuesta microquirúrgica.

Objetivos secundarios

6. Ampliar los conocimientos actuales relacionados con el uso de la angiotomografía computarizada en la planificación preoperatoria de los colgajos de perforante.

7. Evaluar la aplicación OsiriX en el post-procesamiento de imágenes DICOM aplicado a la planificación preoperatoria de colgajos de perforante
8. Evaluar el rendimiento obtenible de la angiotomografía computarizada considerando que el postprocesamiento es realizado por un cirujano (no especialista en Radiología).

IV METODOLOGÍA

En Dios creemos, los demás traigan datos

W. E. Deming

Si bien la esencia metodológica (estudio anatómico en cadáver y angiotomográfico en sujeto vivo) ha permanecido inalterada desde el comienzo de la investigación, no así sus medios.

La propuesta inicial incluyó una investigación en cadáver mucho más ambiciosa y consistente en:

- △ Estudio en cadáver fresco.
- △ Doble estudio anatómico:
 - Inyección de mezcla de látex coloreado y óxido de plomo para disección y estudio angiográfico.
 - Inyección intraarterial de azul de metileno para estudio de angiosomas (territorios vasculares).

Gracias a ello sería posible un estudio más exhaustivo y con un mayor número de datos analizables. Estas técnicas, desgraciadamente, son poco accesibles en nuestra Universidad debido a la escasa tradición de este tipo de investigaciones en nuestro país. Las limitaciones encontradas también afectaron al estudio angiotomográfico. El modelo de tomógrafo multidetector utilizado en el estudio, de 4-cortes, es un modelo que podría considerarse antiguo en relación al 64-cortes, estándar actual en muchos centros. Además, inicialmente se consideró el procesamiento de imágenes mediante la aplicación profesional *Vitrea Enterprise Suite* de Toshiba, incluida en la estación de trabajo adjunta al tomógrafo utilizado en este estudio y con la que el autor ha tenido experiencia durante numerosos estudios. Sin embargo, este programa, al igual que el resto de aplicaciones profesionales asociadas a los equipos de tomografía, no está disponible para uso individual y por ello no se consideró apto para el desarrollo de la investigación. Tras la evaluación de numerosas aplicaciones de post-procesamiento de imágenes DICOM disponibles para uso individual se decidió usar *OsiriX Imaging Software (Advanced Open-Source PACS Workstation DICOM Viewer)* para Mac en su versión 4.1.2 64-bit. El autor de esta tesis posee experiencia previa con la aplicación en el estudio de colgajos de perforante por cuanto ha formado parte de su protocolo preoperatorio habitual en este tipo de intervenciones desde el año 2007. El autor ha realizado el post-procesamiento preoperatorio de angiotomografías con OsiriX en más de 140 pacientes desde dicha fecha.

LIMITACIONES METODOLÓGICAS DE LA INVESTIGACIÓN REALIZADA

Las limitaciones metodológicas del estudio han tenido, indudablemente, su impacto en esta investigación. El estudio en cadáver formolizado limita notablemente algunos aspectos de la investigación relativa a los vasos de pequeño calibre y la delimitación de territorios vasculares. Sin embargo, la utilización de gafas de aumento 4x/5x en la disección, además de la buena técnica de fijación de los especímenes, suplió de alguna manera esta deficiencia. Aún así, un aspecto interesante del estudio como es la determinación de los territorios vasculares de las arterias estudiadas no ha podido ser realizado por este motivo. En lo relativo al procesamiento de imágenes, OsiriX substituyó de manera sobresaliente a las aplicaciones supuestamente más profesionales²⁵⁴. A consecuencia de las limitaciones descritas, pero también por las fortalezas de cada método de investigación, se decidió centrar el estudio en cadáver en la anatomía descriptiva y macrovascular y enfocar el estudio angiotomográfico en la anatomía microvascular.

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ESTUDIO

La investigación incluyó dos estudios anatómicos: angiotomográfico en sujeto vivo y disección en cadáver preservado en formol. Tras la evaluación bibliográfica y a la vista de los objetivos de este estudio, se decidió el estudio de los siguientes parámetros relativos a la ACFL/A (Tab. 4).

Anatomía general de ACFL/A

- Origen de ACFL y su rama ascendente
- Medición del diámetro de ACFL/A en el punto de origen
- Medición de la distancia entre el origen de ACFL/A y el ligamento inguinal
- Evaluación descriptiva de las ramas musculares y osteoarticulares de ACFL/A
- Medición de la distancia entre el hilio de TFL y la espina ilíaca anterosuperior

Modo de terminación de ACFL/A en la piel

- Recorrido y modo de terminación de la ACFL/A
- Localización en superficie de la rama cutánea directa terminal de ACFL/A en relación al trocánter mayor (como evaluación de su predecibilidad)
- Medición del grosor piel/tejido subcutáneo en el punto de perforación de la fascia profunda por la rama cutánea directa de la ACFL/A (teórico grosor de colgajo)
- Medición de la distancia entre el punto de perforación de la fascia profunda por la rama cutánea directa de ACFL/A y el origen de la ACFL/A (teórica longitud máxima posible de pedículo de colgajo)
- Análisis de la disposición de la rama cutánea terminal de ACFL/A en la grasa subcutánea (teórico eje central del colgajo)
- Medición del diámetro, en el punto de perforación de la fascia profunda, de la rama cutánea terminal de la ACFL/A o sus divisiones (como modo de evaluación de la relevancia de la perforante y, por ello, de la fiabilidad del colgajo)

Contribución de ACFL/A a la vascularización de cresta ilíaca

- Análisis de las ramas relacionadas espacialmente con la cresta iliaca

Tabla 4. Parámetros de estudio de la investigación

ESTUDIO PRELIMINAR

A fin seleccionar la técnica de estudio con mejor rendimiento para cada uno de los parámetros de investigación, se realizó un **estudio de evaluación preliminar** de los parámetros mencionados que consistió en la evaluación de los éstos en una disección en cadáver formolizado y dos estudios angiotomográficos en sujeto vivo. Por cuanto no existen referencias bibliográficas que evalúen las fortalezas y limitaciones de las técnicas de estudio utilizadas en los parámetros descritos, la evaluación y toma de decisiones metodológica fue realizada por el autor en base a su experiencia y conocimientos al respecto. Los resultados del estudio preliminar se detallan en la **Tab. 5**.

PARÁMETRO DE ESTUDIO	
DATOS GENERALES. 1. Origen de ACFL y su rama ascendente. 2. Recorrido y ramas de musculares/osteoarticulares) de ACFL/A	
ANGIOTOMOGRAFÍA. Buena técnica de estudio sin limitación particular. Evaluación excelente de vasos de calibre mayor a 4 mm. La técnica consumió mucho tiempo de post-procesamiento en comparación con la disección en cadáver.	
DISECCIÓN EN CADÁVER FORMOLIZADO. La disección de vasos de calibre mayor a 2-3 mm, así como su relación con las estructuras adyacente, fue posible gracias al uso de gafas quirúrgicas de magnificación 4x/5x.	
Método de estudio seleccionado:	CADÁVER
RAMAS DE ACFL/A A CRESTA ILÍACA	
ANGIOTOMOGRAFÍA. No fue posible la visualización adecuada de estas ramas, adyacentes a estructuras óseas.	
DISECCIÓN EN CADÁVER FORMOLIZADO. Demostró ser una razonable técnica de estudio gracias al uso de gafas quirúrgicas de magnificación 4x/5x. Limitación importante derivada de la imposibilidad de realizar estudios de inyección endovascular.	
Método de estudio seleccionado:	CADÁVER
RAMA CUTÁNEA TERMINAL, SUBDIVISIONES Y ESPACIO POR DONDE DISCURREN	
ANGIOTOMOGRAFÍA. Demostró ser buena técnica de estudio. La visualización de los vasos pequeños consumió tiempo pero, considerando el limitado espacio donde el estudio fue especialmente detallado, fue adecuada. La medición entre puntos demostró ser precisa.	
DISECCIÓN EN CADÁVER FORMOLIZADO. Demostró ser una técnica razonable de estudio gracias al uso de magnificación con lupas quirúrgicas 4x/5x. Fueron evidentes las limitaciones derivadas de la ausencia de contraste endovascular, que dificultó mucho la identificación de las ramas de pequeño calibre. La posición de decúbito supino, la zona de estudio y la rigidez propia de la formolización obstaculizaron notablemente la disección de la zona.	
Método de estudio seleccionado:	AMBAS por la relevancia en el estudio
DISTRIBUCIÓN DE LA RAMA TERMINAL CUTÁNEA EN LA GRASA SUBCUTÁNEA	
ANGIOTOMOGRAFÍA. Demostró ser buena técnica de estudio aunque exigió tiempo y entrenamiento.	
DISECCIÓN EN CADÁVER FORMOLIZADO. El estudio de la vascularización tisular en cadáver sólo es posible en cadáver fresco tras la administración de contraste radiopaco.	
Método de estudio seleccionado:	ANGIOTOMOGRAFÍA
MEDICIONES. 1. Distancia entre el origen de la ACFL/A y el ligamento inguinal. 2. Distancia entre el hilio del músculo tensor de la fascia lata y la espina ilíaca anterosuperior. 3. Diámetro de la ACFL/A en su origen	
ANGIOTOMOGRAFÍA. Permitió la medición con precisión de las distancias entre dos puntos. La evaluación de vasos mayores a 4 mm no fue dificultosa. Consumió tiempo.	
DISECCIÓN EN CADÁVER FORMOLIZADO. La toma de estas mediciones fue, técnicamente, poco exigente y precisa.	
Método de estudio seleccionado:	CADÁVER
MEDICIONES. 1. Localización espacial en superficie de la rama cutánea directa terminal de ACFL/A en relación al trocánter mayor. 2. Medición del grosor de la piel/tejido subcutáneo en el punto de perforación de la fascia profunda por la rama cutánea directa de la ACFL/A. 3. Medición del diámetro, en el punto de perforación de la fascia profunda, de la rama cutánea terminal de la ACFL/A. 4. Medición de la distancia entre el origen de ACFL/A y el punto de perforación de la fascia profunda por la perforante	
ANGIOTOMOGRAFÍA. Permitió la medición con precisión de la distancia entre puntos, lo cual permitió las mediciones 2 y 4 sin dificultad. La toma de mediciones X e Y para la localización de cada perforante en relación al trocánter mayor (medición 1) fue dificultosa debido a la carencia de un sistema adecuado de medición en rejilla (grid). La medición del diámetro de las perforantes (medición 3) no pudo realizarse con la debida precisión debido a que no fue posible delimitar con claridad los límites externos de los vasos	
DISECCIÓN EN CADÁVER FORMOLIZADO. La medición 4 pudo realizarse sin dificultad. No así, el resto de mediciones (1, 2 y 3) debido a la posición del cadáver, la técnica de preservación y la no disponibilidad de calibre de precisión para estructuras menores de 0,5 cm.	
Método de estudio seleccionado:	ANGIOTOMOGRAFÍA

Tabla 5. Evaluación preliminar de los métodos de investigación

ESTUDIO ANGIOTOMOGRÁFICO EN SUJETO VIVO

Pacientes

Se incluyeron los estudios angiotomográficos de 36 pacientes consecutivos (72 lados) en quienes la prueba se realizó como parte del estudio preoperatorio habitual en la reconstrucción tisular con un colgajo libre anterolateral de muslo y no para la realización de esta tesis doctoral. Ninguno de los sujetos presentaba o había presentado en la zona de exploración patología médica que contraindicara o pudiera condicionar el resultado de la prueba. La utilización de estos estudios clínicos para la confección de esta tesis doctoral fue supervisada y aprobada por el correspondiente Comité Ético Institucional. Todos los pacientes dieron su Consentimiento Informado escrito para el uso de sus estudios en la realización de esta tesis. Todos los estudios fueron realizados en la misma institución (Hospital FREMAP de Majadahonda, Madrid) en el período comprendido entre Marzo de 2010 y Febrero de 2011. El grupo de pacientes incluyó 11 mujeres y 25 varones con edades comprendidas entre los 23 y 67 años (media 42,6). La lectura y extracción de datos de los estudios fueron realizados por el doctorando en todos los pacientes y transferidos a una hoja de cálculo (Microsoft Excel para Mac) para su posterior análisis.

Parámetros investigados

De acuerdo al estudio preliminar, se estudiaron los siguientes parámetros (**Tab. 6**):

- △ Análisis de la rama cutánea terminal de ACFL/A y sus subdivisiones.
- △ Localización espacial en superficie de la rama cutánea directa terminal de ACFL/A en relación al trocánter mayor
- △ Medición de la distancia entre el punto de perforación de la fascia profunda por la rama cutánea directa de ACFL/A y el origen de la ACFL/A
- △ Medición del diámetro, en el punto de perforación de la fascia profunda, de la rama cutánea terminal de la ACFL/A.
- △ Medición del grosor de la piel/tejido subcutáneo en el punto de perforación de la fascia profunda por la rama cutánea directa de la ACFL/A (grosor teórico del colgajo)

- △ Análisis de la disposición de la rama cutánea terminal de ACFL/A en la grasa subcutánea

ESTUDIO ANGIOTOMOGRÁFICO. PARÁMETROS DE ESTUDIO

- Rama cutánea terminal de ACFL/A, subdivisiones y espacio por el que discurren
- Relación espacial de las perforantes de estudio con el trocánter mayor
- Distancia entre el origen de la ACFL/A y la entrada de la perforante en la piel (longitud máxima teórica de pedículo vascular del colgajo)
- Diámetro de la perforante en el punto de perforación de la fascia profunda
- Grosor cutáneo en el punto de entrada de la perforante en la piel (grosor teórico del colgajo)
- Disposición de la perforante en la grasa subcutánea

Tabla 6. Estudio angiotomográfico. Parámetros de estudio

Parámetros de adquisición y material de contraste

Los estudio ATC fueron realizados con un tomógrafo multidetector de 4 canales tras el oportuno consentimiento informado. Se realizó una extensa búsqueda bibliográfica a fin de determinar los parámetros aconsejados para la realización del estudio angiotomográfico. De acuerdo a la literatura relacionada y la experiencia previa en el centro, los valores de adquisición y relativos a la inyección de contraste intravenoso se ajustaron básicamente a los propuestos por el grupo de Melbourne, con reconocida experiencia en esta área^{255,256} (Tab. 7). La prueba se realizó con el paciente en la posición de decúbito supino para su comodidad y simulación de la posición operatoria. La inyección de contraste se realizó a través de la vena antecubital antebraquial del miembro superior no dominante. La administración consistió en un bolo de 120 ml de contraste intravenoso iodado no iónico, de baja osmolaridad y alta concentración, mediante un sistema inyector a una velocidad de inyección de 4 ml/seg seguido inmediatamente por un bolo de 50 ml de suero salino a una velocidad de inyección de 4 ml/seg. Por tratarse del estudio preoperatorio de colgajos de perforante anterolaterales de muslo, el área de exploración, en todos los estudios, se extendió desde la cresta ilíaca hasta la rótula, ambas incluidas. Los parámetros

de adquisición fueron seleccionados para una relación óptima entre la dosis de radiación y la calidad de la imagen y la adecuación del principio de **ALARA** (*as low as reasonably achievable*)²⁵⁷⁻²⁵⁹.

Tomógrafo	Aquilion 4, Toshiba, Japan
Rango	Desde espina ilíaca anterosuperior hasta rótula, ambas incluidas
Dirección de escaneo	Craneo-caudal
Características del rango	
<ul style="list-style-type: none"> – Colimación – Voltaje de tubo – Corriente de tubo – Velocidad de rotación del gantry – Retraso – Helical detector pitch 	<ul style="list-style-type: none"> – 1 mm – 120 kV – 300 mA – 0,75 s – 30 s – 0.75 s
Contraste	Ultravist 370 (Schering AG)
Sistema inyector <ul style="list-style-type: none"> – Volumen – Velocidad 	Ulrich CT (Mod. XD5500, Ulrich Medical Systems) <ul style="list-style-type: none"> – 120 cc – 4 cc/s
Lavado en bolo con suero salino	
<ul style="list-style-type: none"> – Volumen – Velocidad 	<ul style="list-style-type: none"> – 50 cc – 4 cc/s
Grosor de corte (slice thickness)	1-2 mm

Tabla 7. Angiotomografía. Datos técnicos, parámetros de adquisición y contraste

Post-procesamiento de imágenes

Las imágenes fueron reconstruidas y analizadas por el doctorando en un iMac con pantalla de 24 pulgadas (2.4 GHz Intel Core 2 Duo Desktop Computer, 4 GB random-access memory; Apple Computer, Cupertino, CA, USA) con el sistema operativo Mac OS X v. 10.6.8 y el software de imágenes OsiriX PACS Workstation en su versión 4.1.2 64-bit²⁴⁸. El autor de este estudio ha utilizado esta aplicación para el procesamiento de imágenes en su actividad clínica habitual en 140 pacientes. Se diseñó una base de datos (Microsoft Excel 2011 para Mac) para la recopilación y evaluación de las observaciones relacionadas con los objetivos de

esta tesis doctoral y se realizó un registro en imágenes de los hallazgos más relevantes mediante capturas en pantalla con la aplicación Grab para Mac.

Modos de reconstrucción utilizados

En base a la experiencia previa del autor y tras la oportuna revisión bibliográfica, se utilizaron los siguiente modos de reconstrucción en el estudio y análisis vasculares (**Tab. 8**).

Los modos **2D MPR ortogonal** y **3D MPR** fue considerados los modos de visualización referenciales. El modo 2D MPR ortogonal corresponde a las tres vistas posibles de las imágenes (axial, coronal y sagital) y en él se realizó el marcaje de los puntos de interés (ROI, *regions of interest*) relativos a la ACFL/A. El modo 3D MPR permite la generación de un corte multiplanar en cualquier posición y orientación del volumen 3D. Este modo de visualización fue utilizado en la medición de distancias entre puntos.

El modo **3D MPR curvo** permite visualizar en una imagen toda la extensión de la anatomía de los vasos sanguíneos y fue utilizado para el estudio detallado de los vasos y su relación con las estructura adyacentes²⁶⁰. Además, en su modo *stretched*, fue utilizado para la medición de la longitud y diámetro vasculares.

El modo **3D VR**, que permite recrear imágenes 3D volumétricas, fue utilizado para la ubicación en superficie de las perforantes en relación al trocánter mayor y a efectos de presentación fotográfica.

PARÁMETRO	MODO DE RECONSTRUCCIÓN
– Evaluación anatómica global	2D MPR ortogonal
– Análisis vasos de pequeño calibre (diámetro < 4 mm)	3D MPR curvo
– Distancia EIAS-TFL	3D MPR
– Medición grosor teórico del colgajo	2D MPR ortogonal
– Medición longitud teórica máxima de pedículo de colgajo	3D MPR curvo
– Recorrido de la perforante en el tejido subcutáneo	2D MPR ortogonal 3D MPR curvo
– Diámetro de la perforante	3D MPR curvo
– Distancia perforante a trocánter mayor	3D VR

Tabla 8. Angiotomografía. Modos de reconstrucción utilizados

Mediciones en OsiriX

La aplicación OsiriX dispone de una calibración en pantalla que permite medir con precisión milimétrica la distancia entre dos puntos situados en un mismo plano²⁶¹. La investigación realizada incluyó tres tipos de mediciones:

- △ Medición de distancias entre puntos de interés previamente definidos.
- △ Medición del diámetro externo de vasos de mediano (3-4 mm) y pequeño calibre (< 2 mm).
- △ Ubicación espacial de las perforantes en relación al punto de mayor prominencia del trocánter mayor

La ubicación de los distintos puntos de interés ROI en un mismo plano, mediante los modos 2D MPR ortogonal, 3D MPR y 3D MPR curvo, permitió tomar mediciones fiables. La dificultad en la medición del diámetro en vasos menores de 2 mm ha sido apuntada ya en la literatura²⁶²⁻²⁶⁴ y ninguna de las herramientas de la OsiriX o extensiones disponibles permitió una adecuada medición del calibre de este tipo de vasos. Su medición en esta investigación, por consiguiente, debe considerarse imprecisa debido a la incapacidad de la técnica, del

informador y/o del software en la delimitación precisa de los contornos vasculares en vasos de tan reducido calibre. Pese a ello, aunque meramente de modo orientativo, estas mediciones fueron realizadas de manera manual en el modo 3D MPR curvo. Además, como ya han apuntado otros autores²⁶⁵, la visibilidad de los vasos de pequeño calibre ha demostrado ser pobre cuando éstos discurren cercanos a estructuras óseas, lo cual influyó de manera relevante en la evaluación de los vasos en la cercanía de la cresta ilíaca. La medición entre puntos es posible gracias al modo 3D MPR²⁶¹. Las mediciones en el plano de superficie para la ubicación espacial de la perforante en relación al punto de mayor proyección del trocánter mayor se realizó de la siguiente manera: 1) en la vista sagital del modo 2D MPR ortogonal se situó un punto de interés ROI sobre el punto más prominente del trocánter mayor, 2) se definió un eje de coordenadas cuyo punto de intersección correspondió al ROI del trocánter mayor y 3) en el modo 3D VR se determinaron los distintos valores “Y” y “±X”, relativos al trocánter mayor, de cada una de las perforantes evaluadas. No existe una extensión (*plugin*) para OsiriX que permita la medición de coordenadas cartesianas en relación a un punto predeterminado. Por ello, se utilizó una aplicación para la toma de mediciones sobre la pantalla (Onde Rulers v 1.12.16 para Mac) que, previamente calibrada, fue considerada fiable.

ESTUDIO ANATÓMICO EN CADÁVER

Sujetos

El estudio anatómico en cadáver fue realizado en el Departamento de Anatomía de la Universidad Autónoma de Madrid. El estudio incluyó la parte superior del muslo de diez cadáveres, previamente formolizados, de sujetos caucásicos (20 lados) con una edad aproximada de 75-85 años en el momento de la defunción. La serie incluyó tres mujeres y siete varones. Ninguno de los cadáveres estudiados había sufrido estudios anatómicos previos. Aunque no pudo conocerse la causa de muerte, ninguno de los especímenes presentaba indicios de que el motivo de fallecimiento estuviera en relación con la zona de investigación.

Protocolo de disección

Todos las disecciones fueron realizadas bajo magnificación con lupa de cuatro/cinco aumentos con el siguiente protocolo de disección (**Fig. 31**):

- △ Con el cadáver en la posición de decúbito supino, la piel del muslo fue incidida a lo largo de una línea dibujada desde por encima de la espina ilíaca anterosuperior hasta la región inguinal. A continuación la incisión se dirigió caudalmente a lo largo de la zona medial del muslo para después dirigirse lateralmente a nivel de tercio medio-distal del muslo hasta pasado el tracto iliotibial. Piel y grasa subcutánea fueron elevados en el plano subfascial. Tras la identificación de la arteria femoral, los músculos sartorio y recto femoral fueron seccionados distalmente y reflejados sobre sus inserciones proximales a fin de permitir una exposición amplia de las ramas del eje *ACFL*. La *ACFL* y sus ramas fueron posteriormente disecadas desde su origen en la arteria femoral a lo largo de todo su recorrido.



Figura 31. Protocolo de disección en cadáver
(Imagen original del autor)

Parámetros investigados

De acuerdo con el estudio preliminar, se investigaron los siguientes parámetros (Tab. 9):

- △ Determinación del origen de la ACFL y su rama ascendente.
- △ Medición de la distancia desde el origen de ACFL/A al ligamento inguinal.
- △ Evaluación del recorrido y ramas (musculares y osteoarticulares) de ACFL/A.
- △ Medición de la distancia entre el hilio del músculo tensor de la fascia lata y la espina ilíaca anterosuperior.
- △ Estudio de posibles ramas óseas de la ACFL/A a la cresta ilíaca. Se identificaron aquellas ramas de ACFL/A que se dirigieron en dirección cefálica hacia la cresta ilíaca.
- △ Evaluación de la rama cutánea terminal de la ACFL/A y del espacio por el que discurre. Se identificaron todas las ramas perforantes que se vieron emerger en el espacio situado entre los músculos tensor de la fascia lata, glúteo medio, vasto lateral y el trocánter mayor.
- △ Medición de la distancia entre el punto de perforación de la fascia profunda por la hipotética rama cutánea directa de ACFL/A y el origen de la ACFL/A, que clínicamente correspondería con la longitud máxima teórica del pedículo vascular de colgajo.

DISECCIÓN EN CADÁVER. PARÁMETROS DE ESTUDIO

- Origen de ACFL y su rama ascendente
- Distancia origen de ACFL/A-ligamento inguinal
- Recorrido y ramas (musculares y osteoarticulares) de ACFL/A
- Distancia EIAS-TFL
- Ramas ACFL/A a la cresta ilíaca
- Rama cutánea terminal de la ACFL/A y espacio anatómico por el que discurre
- Distancia origen de la ACFL/A-perforante (longitud máxima teórica de pedículo vascular)

Tabla 9. Disección en cadáver. Parámetros de estudio

Las mediciones de distancia entre puntos fueron realizadas con un calibre deslizante (DialMax Caliper, Swiss Precision Instruments, Inc, Garden Grove, California) con una precisión de 0,5 mm. Se diseñó una base de datos (Microsoft Excel 2011 para Mac) para la recopilación y evaluación de las observaciones relacionadas con los objetivos de esta tesis doctoral y se realizó registro fotográfico en imágenes en formato RAW y TIFF (Nikon D90).

V RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

**La tragedia de toda investigación es que una bella hipótesis puede ser asesinada
por un feo dato discordante**

T. H. Huxley

La ACFL/A estuvo presente en todas las disecciones realizadas y emergió de la arteria femoral profunda en todos los casos (20/20). El punto medio de emergencia se situó a una distancia media de 7.8 cm del ligamento inguinal (rango 6.3-9.3 cm). En todos las disecciones se evidenció la presencia de ramas descendente, transversa y ascendente de ACFL. En cuatro disecciones se detectó una rama oblicua definida (**Fig. 32**). En 14 casos (70%) las ramas ascendente y transversa de ACFL compartieron un origen común de la arteria femoral profunda. En el punto de emergencia, el diámetro de la ACFL/A tuvo una media de 3 mm (rango 2.2-4.0 mm). Tras se emergencia de la ACFL, la rama ascendente discurrió en dirección lateral por detrás de las divisiones del nervio femoral y los músculos sartorio y recto femoral y por delante de los músculos Iliopsoas y vasto lateral (**Tab. 10**).

NÚMERO DE ESTUDIOS = 20	
Origen ACFL	En todos los casos de la femoral profunda En 14/20 (70%) tronco común con rama transversa
Origen de ACFL/A	20/20 ACFL (100%)
Distancia ACFL/A - ligamento inguinal	Media 7.8 cm (rango 6.3-9.3)
Diámetro de ACFL/A en salida	Media 3.0 mm (rango 2.2-4.0)
Distancia EIAS - hilio TFL	Media 8.6 cm (rango 6.0-13.5)

Tabla 10. Disección en cadáver. Resultados

Durante su recorrido la ACFL/A envió ramas a las estructuras adyacentes musculares, articulación de la cadera y parte cefálica del fémur. La emergencia de dichas ramas, aunque no específicamente evaluada, fue muy regular: 1) rama de recto femoral, 2) rama de porción superior de vastos lateral, 3) rama de cápsula articular de la cadera, 4) ramas glúteas y 5) rama del tensor de la fascia lata.

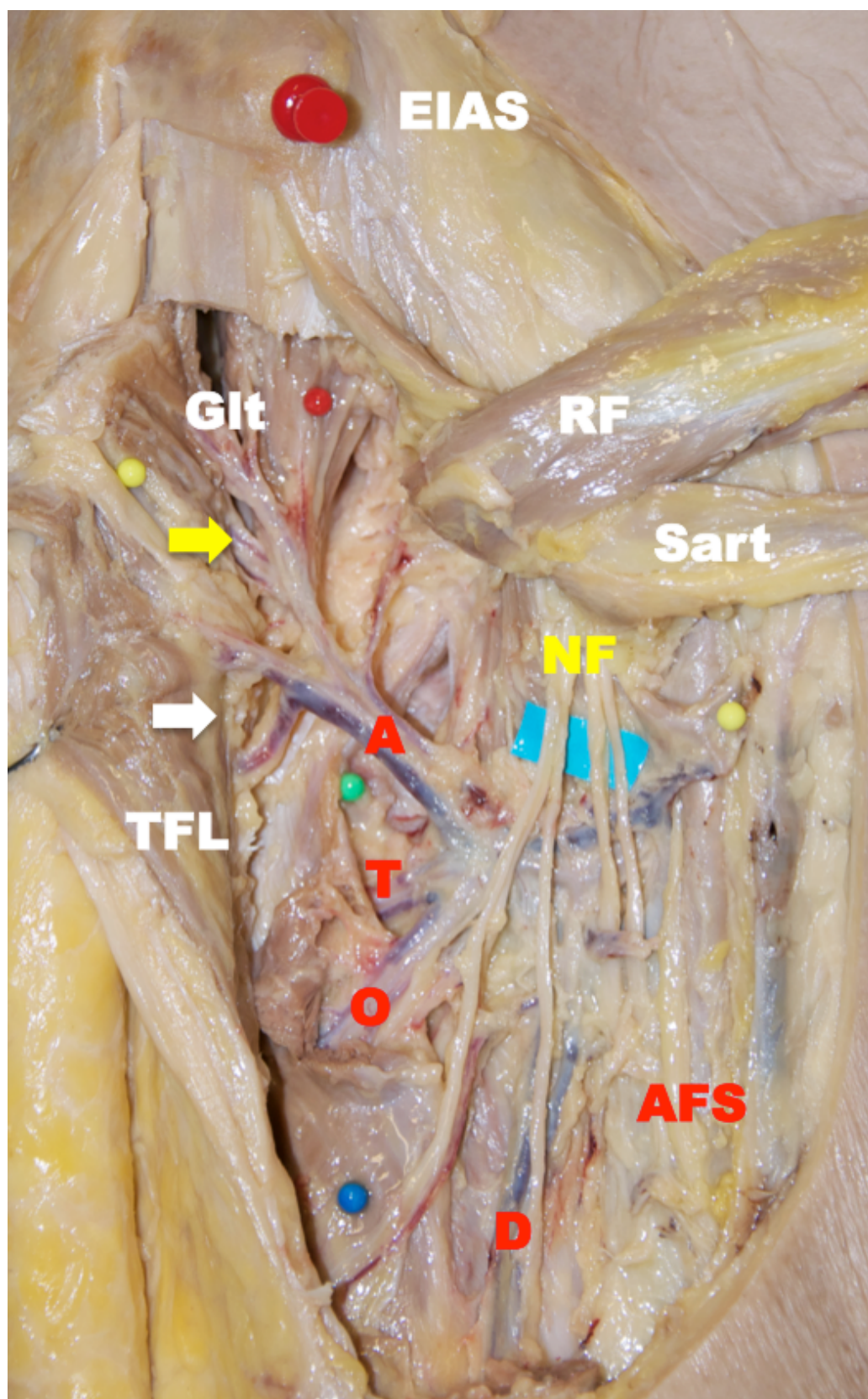


Figura 32. Anatomía de la arteria circunfleja femoral lateral.
EIAS. Espina iliaca anterosuperior. *Glt*. Glúteos mediano y menor. *RF*. Rector femoral. *Sart*. Sartorio. *TFL*. Tensor de la fascia lata. *A*. Rama ascendente de *ACFL*. *T*. Rama transversa de *ACFL*. *O*. Rama oblicua de *ACFL*. *D*. Rama descendente de *ACFL*. *AFS*. Arteria femoral superficial. *NF*. Nervio femoral. *Flecha amarilla*. Ramas glúteas de *ACFL/A*. *Flecha blanca*. Pedículo de *TFL*, rama de *ACFL/A*. (Imagen original del autor)

Antes de entrar en el músculo *TFL*, en todas las disecciones, la rama ascendente dio una o más pequeñas ramas ascendentes. Estas ramas, en 20/20 disecciones, alcanzaron la musculatura glútea (glúteo medio y menor), penetrando en el espesor muscular y discurriendo cercanas al periostio ilíaco para finalmente anastomosarse con ramas anteriores de la arteria glútea superior.

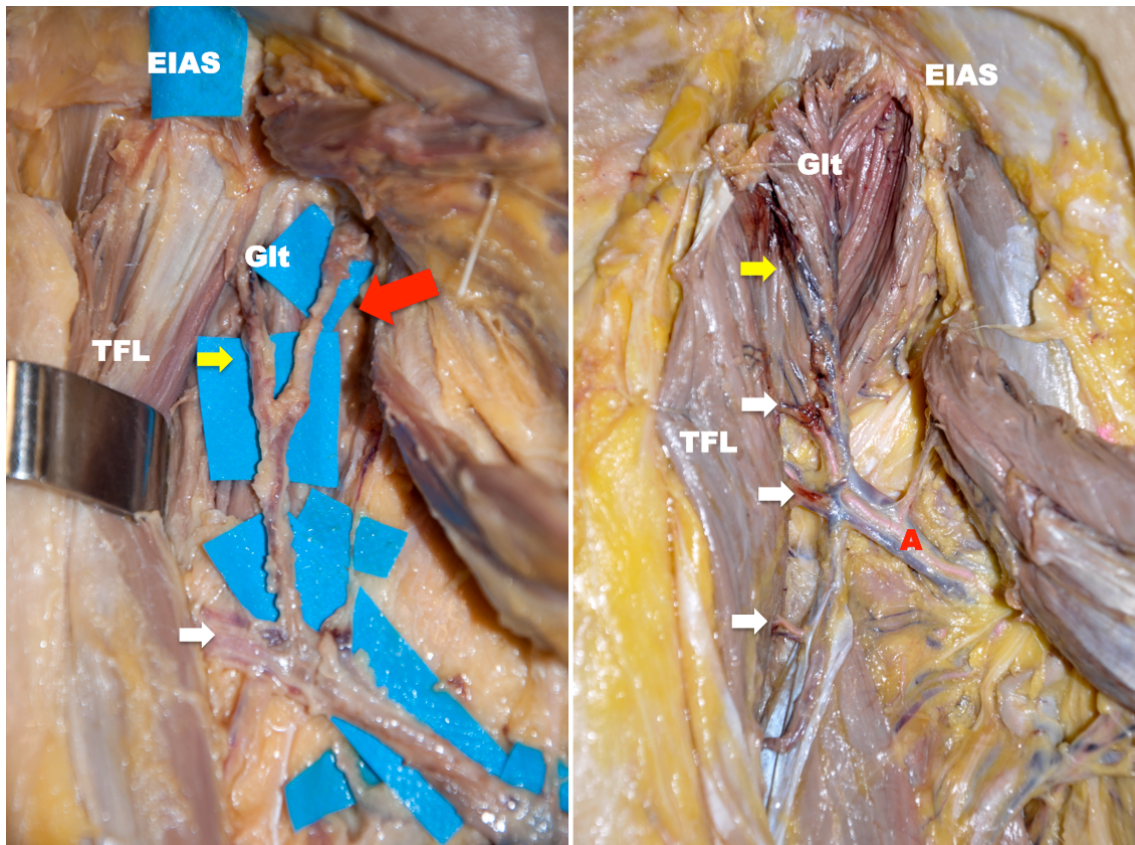


Figura 33. Ramas glúteas y óseas directas de la rama ascendente.

IZQ. En este espécimen, además de las ramas glúteas, la ACFL/A da una rama que se dirige a la EIAS sin atravesar la musculatura glútea (*flecha roja*). DCHO. En ocasiones la ACFL/A da diversos pedículos a TFL. En este espécimen, las ramas glúteas no se acompañan de una rama ósea. EIAS. Espina iliaca anterosuperior. Glt. Glúteos mediano y menor. TFL. Tensor de la fascia lata. A. Rama ascendente de ACFL. *Flecha amarilla*. Ramas glúteas de ACFL/A. *Flecha blanca*. Pedículo de TFL, rama de ACFL/A. (Imagen original del autor)

El número de ramas que la ACFL/A envió a la musculatura glútea fue superior, aunque de menor calibre, que el correspondiente a ramas destinadas a los músculos recto femoral o vasto lateral. En 9/20 casos (45%), tras la emergencia de las ramas glúteas, la rama ascendente de ACFL/A envió una rama de pequeño diámetro (media 1 mm, rango 0.8-1.3) pero bien definida que alcanzaba el periostio de la porción anterosuperior de la cresta ilíaca (**Fig. 33**). Tras la

emergencia de estas ramas glúteas, la *ACFL/A* entró en el *TFL* a una distancia vertical media de 8.6 cm (rango 6.0-13.5) por debajo de la EIAS. En todas las disecciones realizadas, la *ACFL/A* dio origen al pedículo principal de *TFL*, no evaluándose posibles pedículos secundarios con origen en las ramas transversa o descendente de *ACFL*. Se detectaron un total de 108 ramas de la *ACFL/A*, con una media de 5,4 ramas por lado estudiado (**Tab. 11**).

Orden de emergencia		Nº casos	Media de ramas (por lado)	Nº de ramas (rango)
1º	Recto femoral	16/20	0,8	0-3
2º	Vasto lateral	16/20	0,8	0-1
3º	Cadera y fémur proximal	16/20	0,8	0-1
	Sartorio	0/20	0	0
4º	Glúteo medio/menor	35/20	1,75	0-2
5º	Tensor de la fascia lata	25/30	1,25	1-3

Tabla 11. Disección en cadáver. Ramas de *ACFL/A*

Las disecciones realizadas confirmaron, en todos los especímenes, la presencia de un espacio pretrocantéreo definido por:

- Δ anterior: margen posterior del tensor de la fascia lata
- Δ posterosuperior: inserciones trocantéreas de los glúteos medio y menor
- Δ posteroinferior: inserción trocantérea del vasto lateral
- Δ posterior: trocánter mayor

A través de este espacio discurrió la terminación de la *ACFL/A* hacia la fascia profunda y piel suprayacente. Antes de ello, la rama terminal, en algunos casos, presentó subdivisiones antes de perforar la fascia profunda y entrar en el espacio subcutáneo. Se pudieron disecar, en los veinte especímenes, un total de 38 subdivisiones, con una media de 1.9 ramas por lado disecado (rango 1-3). Aunque difícil de asegurar por el método de preservación de los especímenes, es

probable que todas las subdivisiones llegaran hasta la fascia profunda. En 7/20 lados (35%) no se encontró subdivisión de la rama terminal dentro del espacio mientras que dos ramas pudieron identificarse en 8/20 (40%) y tres ramas en 5/20 (25%). En 6/38 casos, la rama mostraba un leve recorrido intramuscular antes de atravesar la fascia profunda (**Fig. 34**).

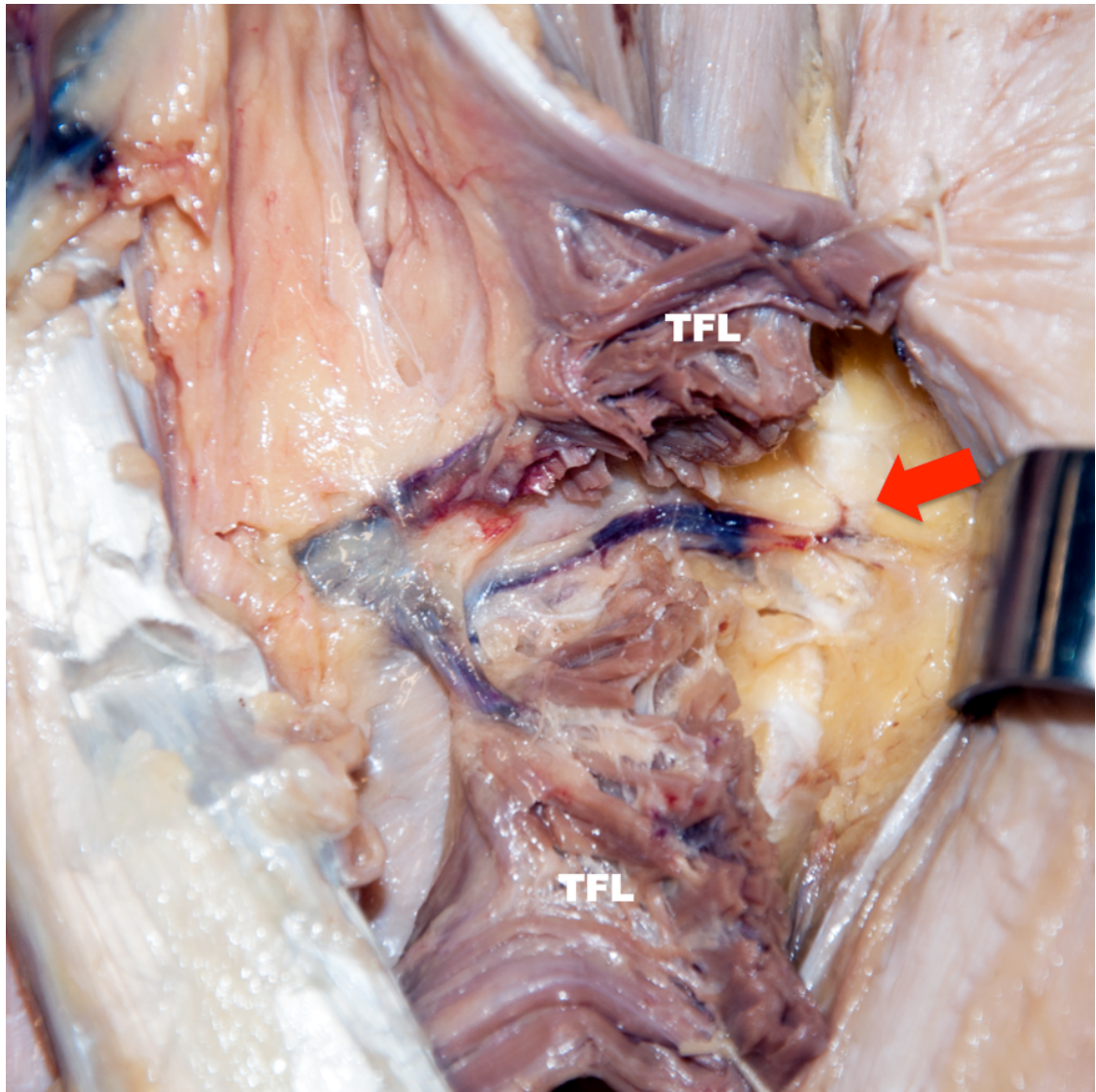


Figura 34. Rama cutánea terminal de ACFL/A. Disección en cadáver
(Imagen original del autor)

La distribución de ramas por lados y sexos se detalla en la **Tab. 12**.

	Nº lados estudiados	Nº total de perforantes encontradas	Media de perforantes encontradas	Número de perforantes (porcentaje)		
				1	2	3
Varones Derecho	7	14	2,0	3 (42,9%)	3 (42,9%)	1 (14,2%)
Varones Izquierdo	7	11	1,6	1 (14,3%)	4 (57,1%)	2 (28,6%)
Mujeres Derecho	3	6	2,0	2 (66,7%)	0 (0,0%)	1 (33,3%)
Mujeres Izquierdo	3	7	2,3	1 (33,3%)	2 (66,7%)	0 (0,0%)
Varones	14	25	1,8	4 (28,6%)	7 (50,0%)	3 (21,4%)
Mujeres	6	13	2,2	3 (50,0%)	2 (33,3%)	1 (16,7%)
Derecho	10	20	2,0	5 (50,0%)	3 (30,0%)	2 (20,0%)
Izquierdo	10	18	1,8	2 (20,0%)	6 (60,0%)	2 (20,0%)
Total	20	38	1,9	7 (35,0%)	9 (45,0%)	4 (20,0%)

Tabla 12. Cadáver. Distribución de perforantes por sexo y lado

Si bien no era motivo de este estudio la investigación de variantes anatómicas, merece la pena destacar que, en tres de los veinte especímenes evaluados, se encontró una arteria circunfleja iliaca superficial de calibre considerable y que, en un recorrido muy caudal, discurría por delante del sartorio para alcanzar con claridad la cresta ilíaca anterosuperior.

ESTUDIO DE ANGIOTOMOGRAFÍA. RESULTADOS

Aunque no específicamente estudiada en la investigación, se constató la presencia y notable regularidad anatómica de la *ACFL*. Con origen en la femoral común o profunda, la *ACFL* discurrió lateralmente por detrás de los músculos sartorio y recto femoral y por delante del ilipsoas antes de dividirse en sus tres ramas: ascendente, transversa y descendente (**Fig. 35**).

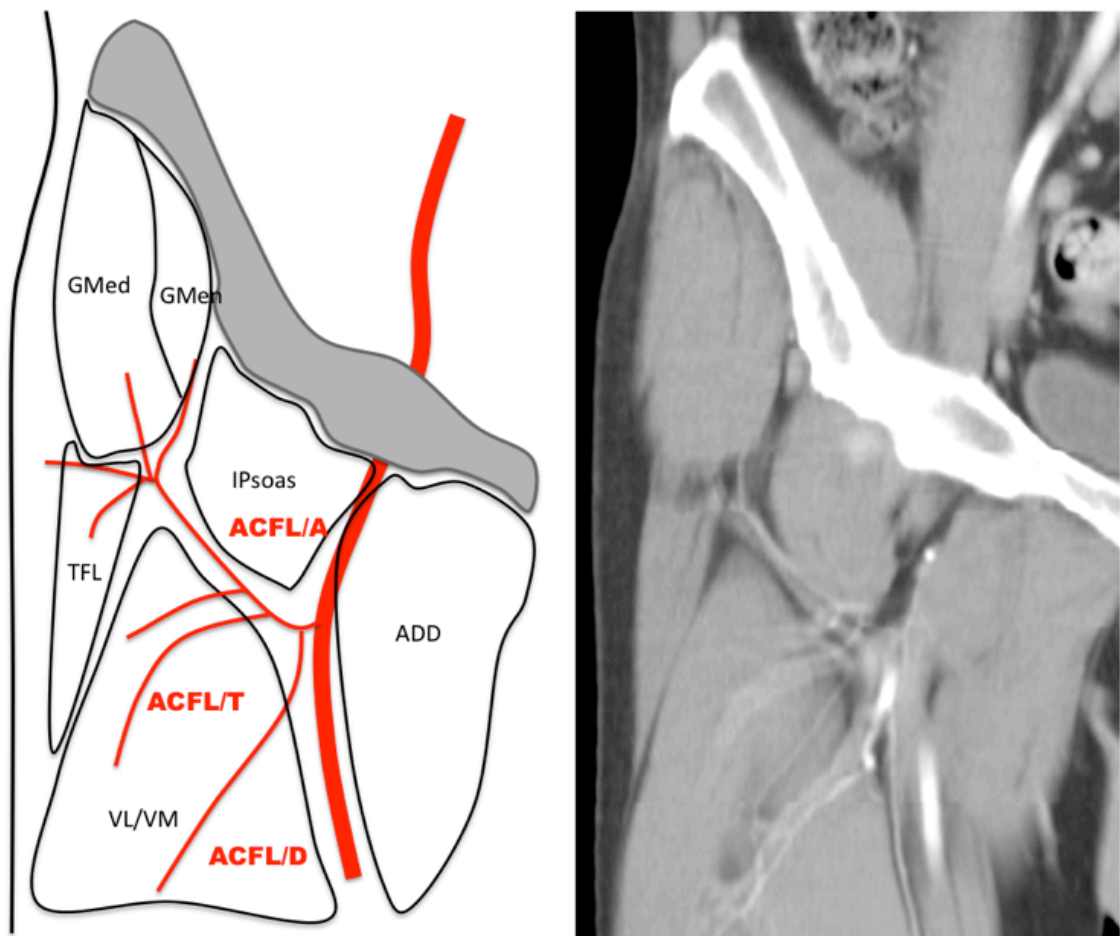


Figura 35. Arteria circunfleja femoral lateral y sus ramas (coronal, 2D MPR ortogonal)
(Imagen original del autor)

Si bien de manera regular fue posible visualizar las ramas glúteas de la *ACFL/A*, ninguno de los modos de la *ATC* permitió ver de manera inequívoca ramas que ascendieran a la cresta ilíaca. Justo tras la emergencia del pedículo del *TFL*, la *ACFL/A*, en todos los estudios, terminó como una rama que discurrió, por detrás del *TFL* (**Figs. 36 a 38**).

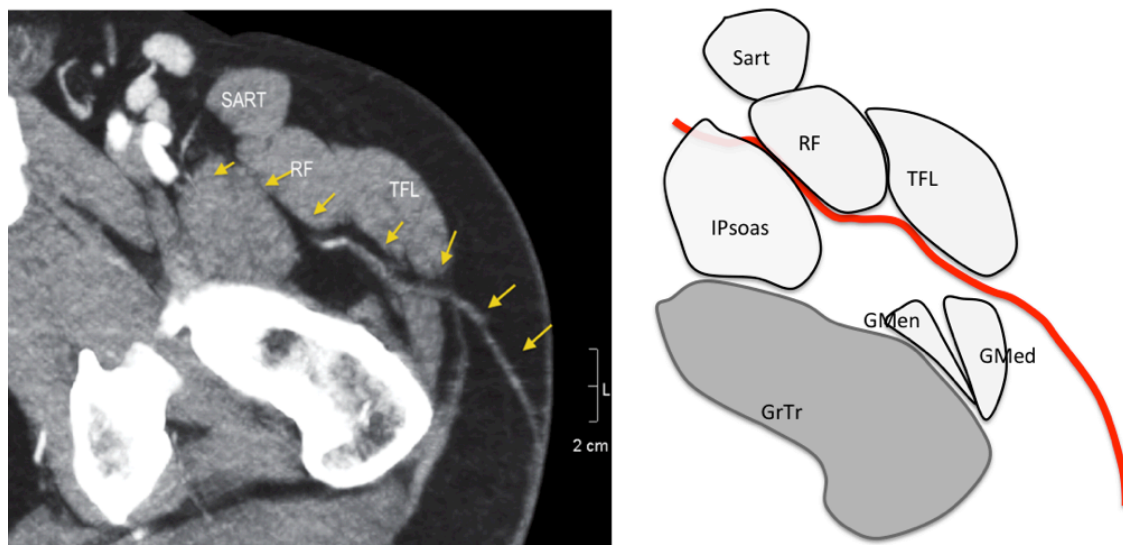


Figura 36. Rama cutánea de ACFL/A (axial, 2D MPR ortogonal)
(Imagen original del autor)

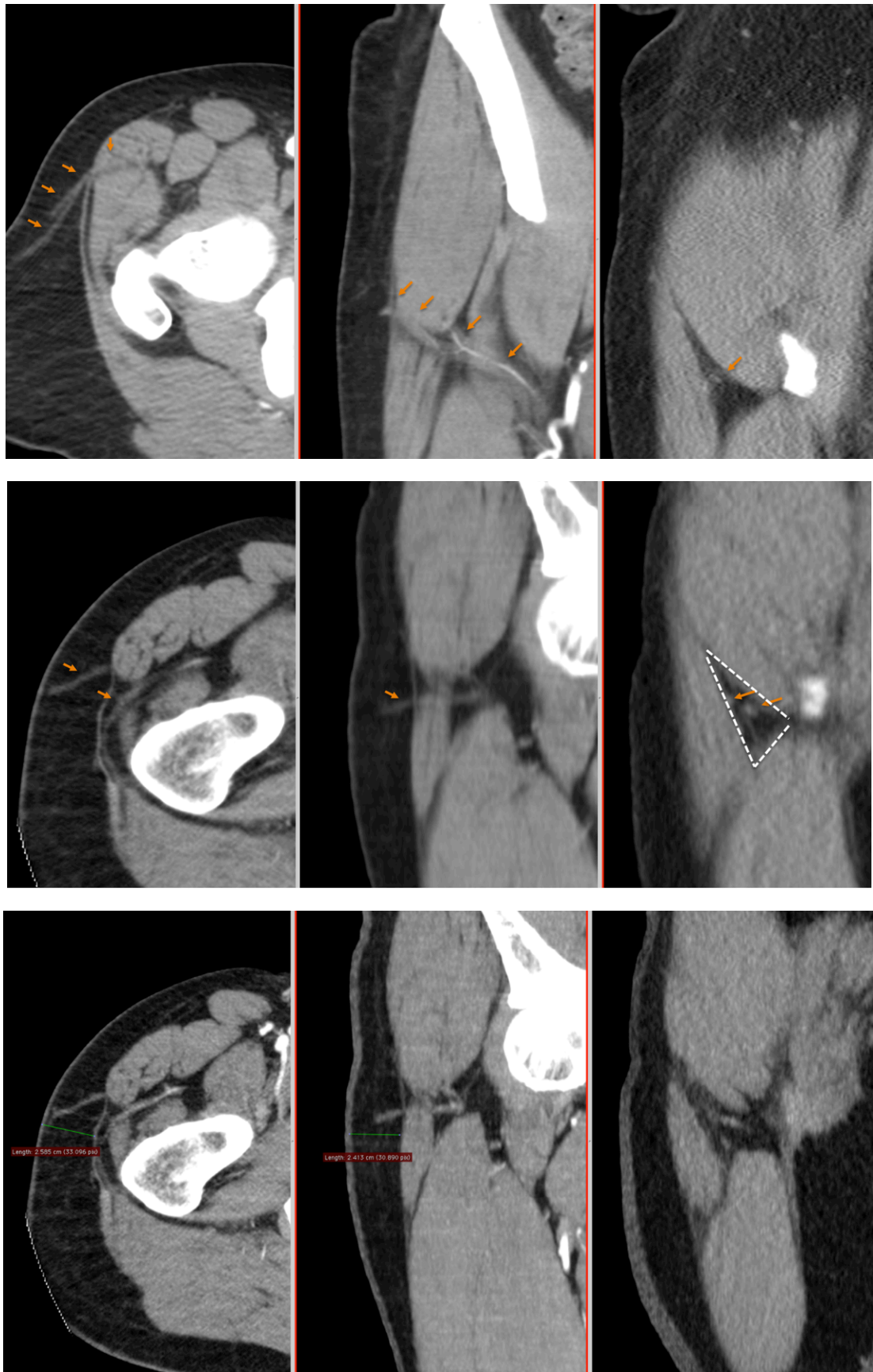


Figura 37. ACFL/A y su rama cutánea (2D MPR ortogonal)
(Imagen original del autor)

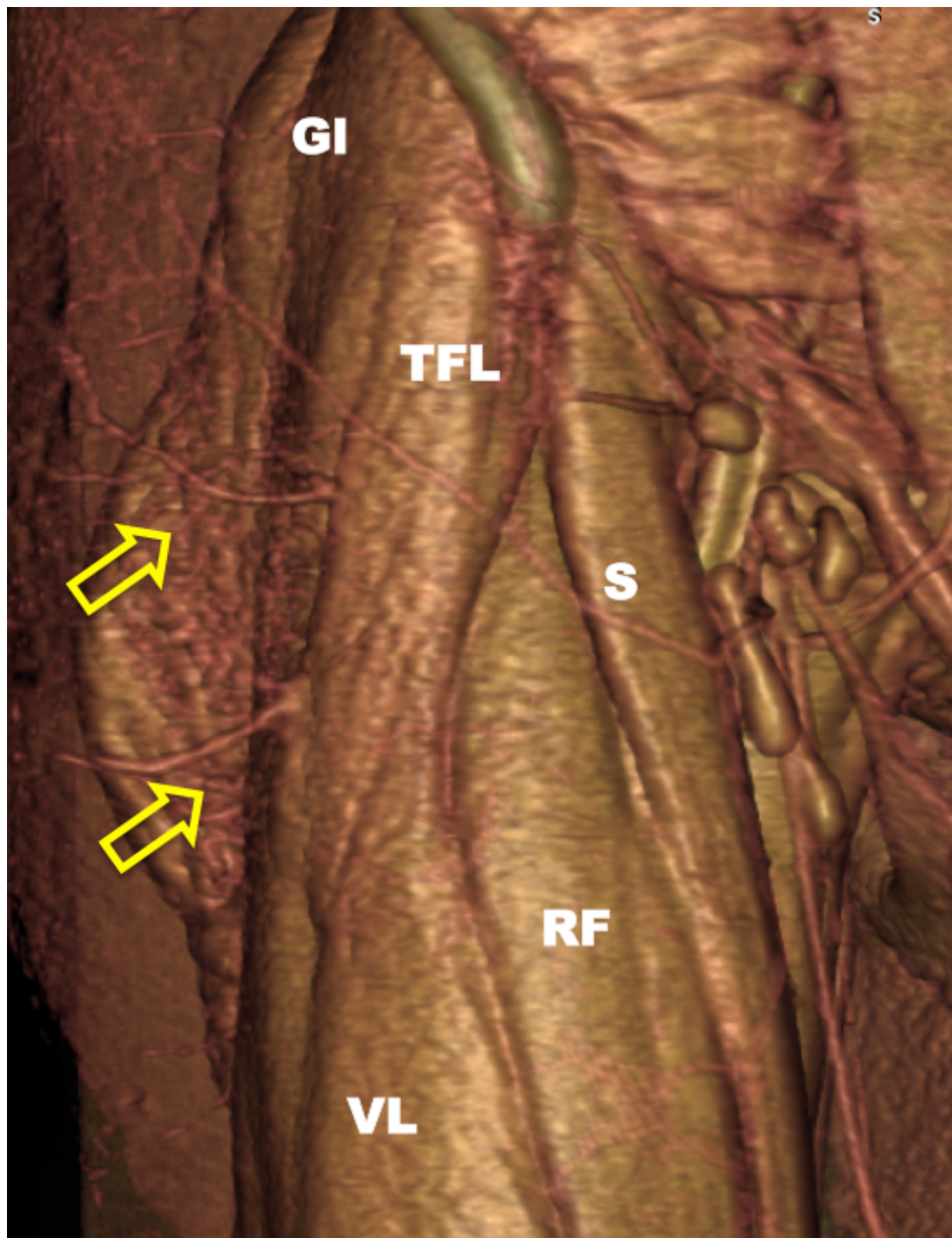


Figura 38. Dos perforantes, ramas de ACFL/A (3D VR)
(Imagen original del autor)

Esta rama discurrió, en todos los casos, a través de un espacio triangular musculoesquelético (**espacio pretrocantéreo**) bien definido y delimitado por las siguientes estructuras (**Figs. 39 a 41**):

- △ Anterior, el músculo tensor de la fascia lata
- △ Posterosuperior, las inserciones trocantéreas de los músculos glúteos medio y menor
- △ Posteroinferior, la inserción trocantérea del músculo vasto lateral
- △ Posterior, el trocánter mayor

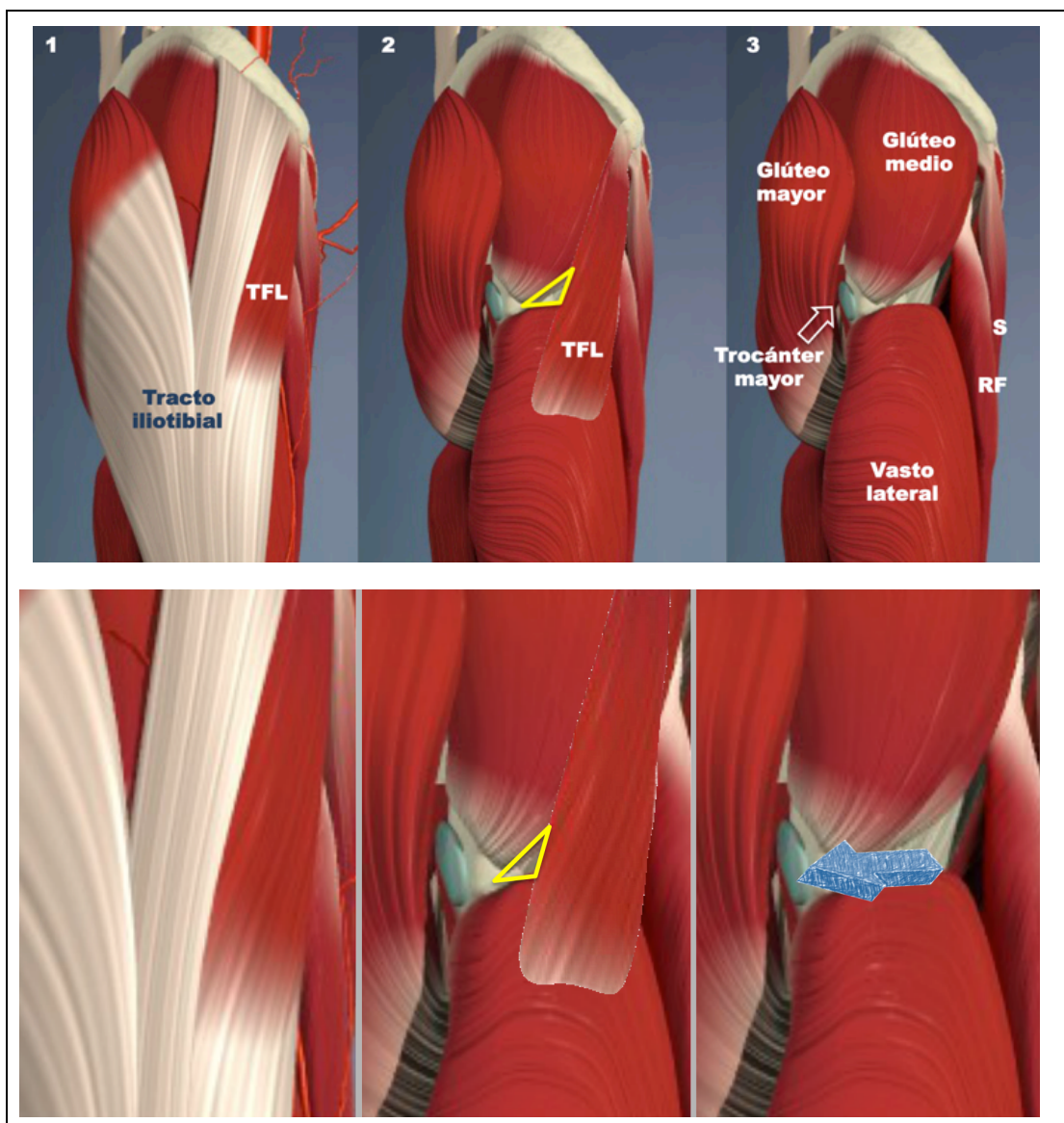


Figura 39. Planos musculares en la región superolateral del muslo. Modelo anatómico que explica visualmente la presencia del triángulo pretrocantéreo y por donde discurre la rama cutánea terminal de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral (Imagen modificada de *Primal Pictures*⁷⁵, www.primalpictures.com, con permiso)

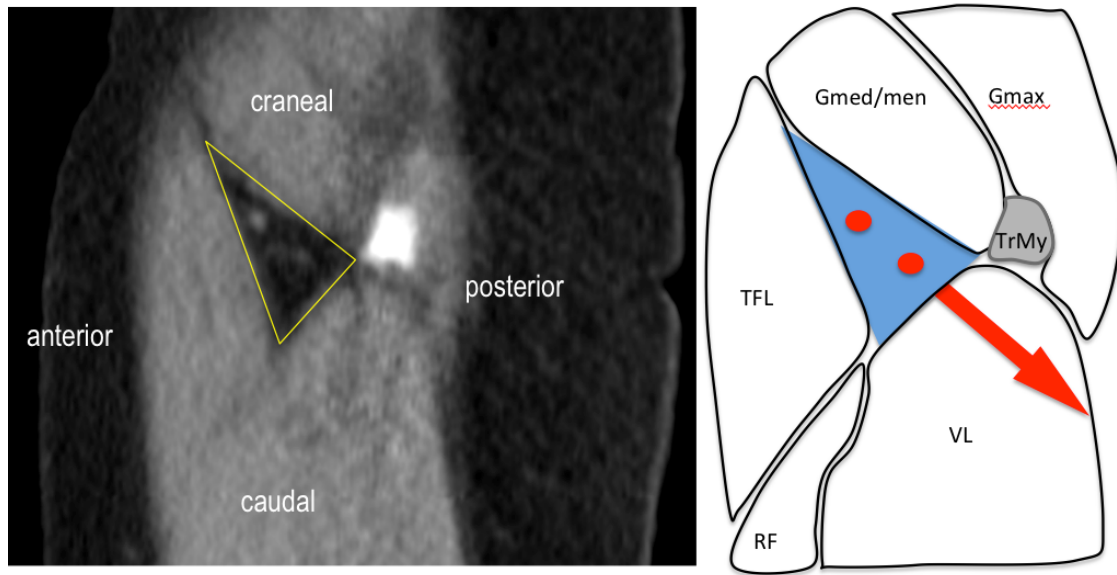


Figura 40. Triángulo pretrocantereo (sagital, 2D MPR ortogonal)
(Imagen original del autor)

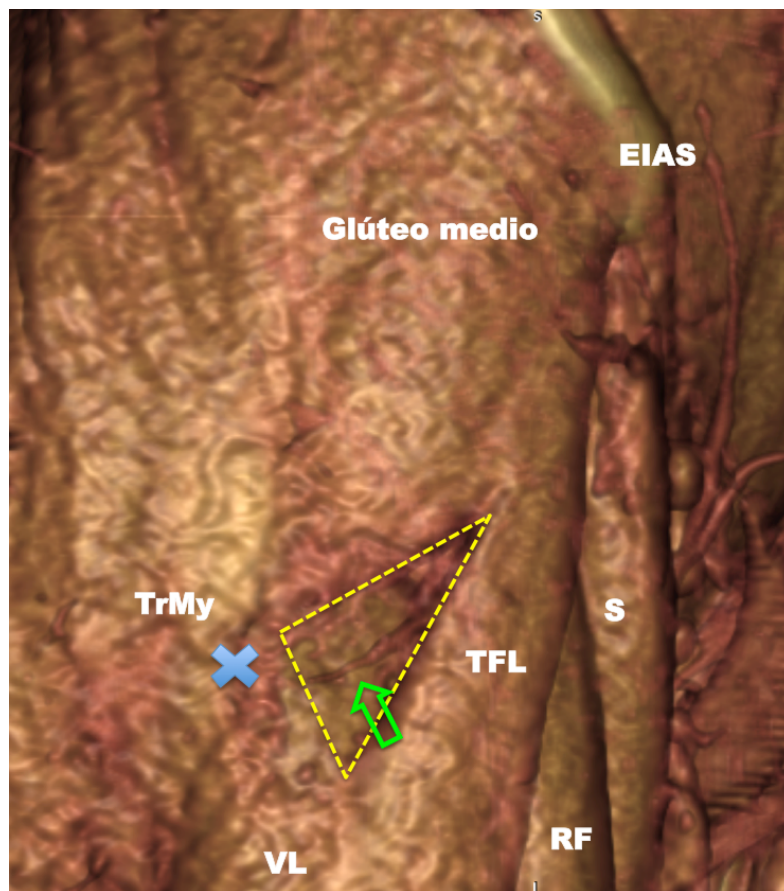


Figura 41. Triángulo pretrocantereo con emergencia de una perforante.
El triángulo está delimitado por el *TFL*, la inserción trocantérea de los músculos glúteo medio y menor, la inserción trocantérea del vasto lateral y el trocánter mayor
(Imagen original del autor).

Se encontró que, en este espacio y antes de alcanzar la fascia profunda, la rama terminal de ACFL/A se subdividía en ramas menores en 45 de las 72 disecciones (62.5%). En 27/72 lados (37.5%) la rama terminal no presentaba división en este espacio antes de atravesar la fascia profunda mientras que en 62.5% la rama se dividía en dos (38.9%), tres (20.8%) o más ramas (2.8%, ambos lados de la misma paciente). En el conjunto de los 72 lados estudiados fueron identificadas un total de 137 ramas en el espacio descrito con una media de 1.9 ramas por muslo (Figs. 42 y 43).

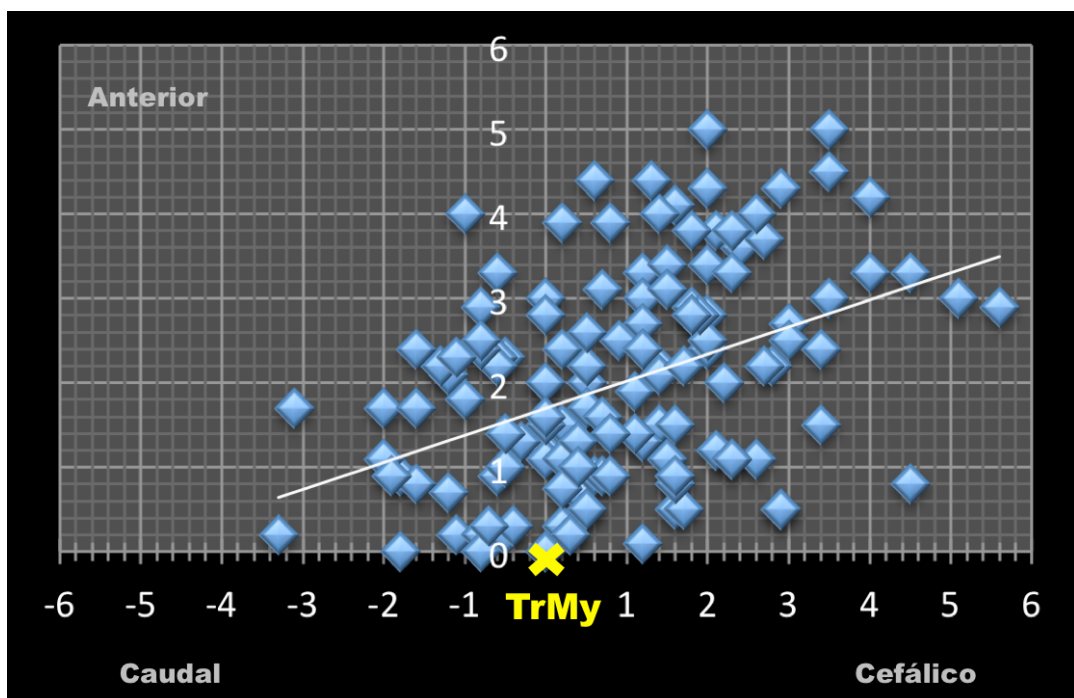


Figura 42. Distribución de las perforantes en relación al trocánter mayor (Imagen original del autor)

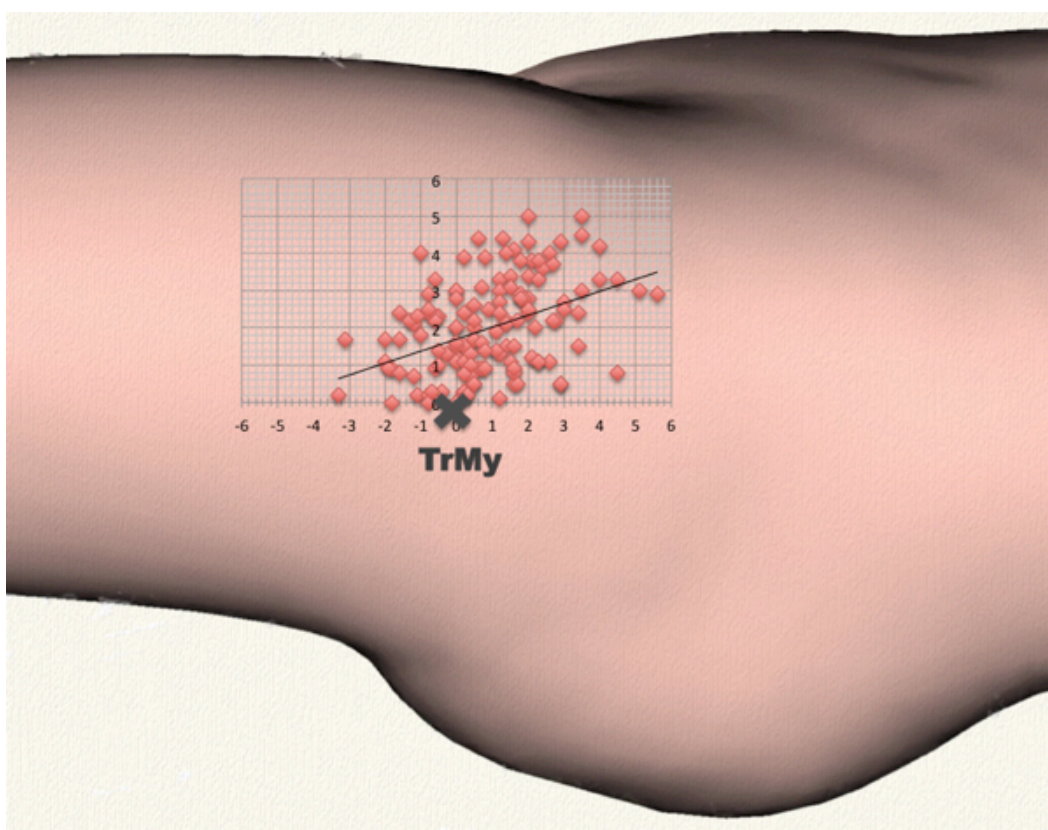


Figura 43. Distribución de perforantes en relación al trocánter mayor
(Imagen original del autor)

No se encontraron diferencias en la distribución de las perforantes en relación con el lado ni con el sexo, lo cual apoya la constancia anatómica de los hallazgos (**Fig. 44**).

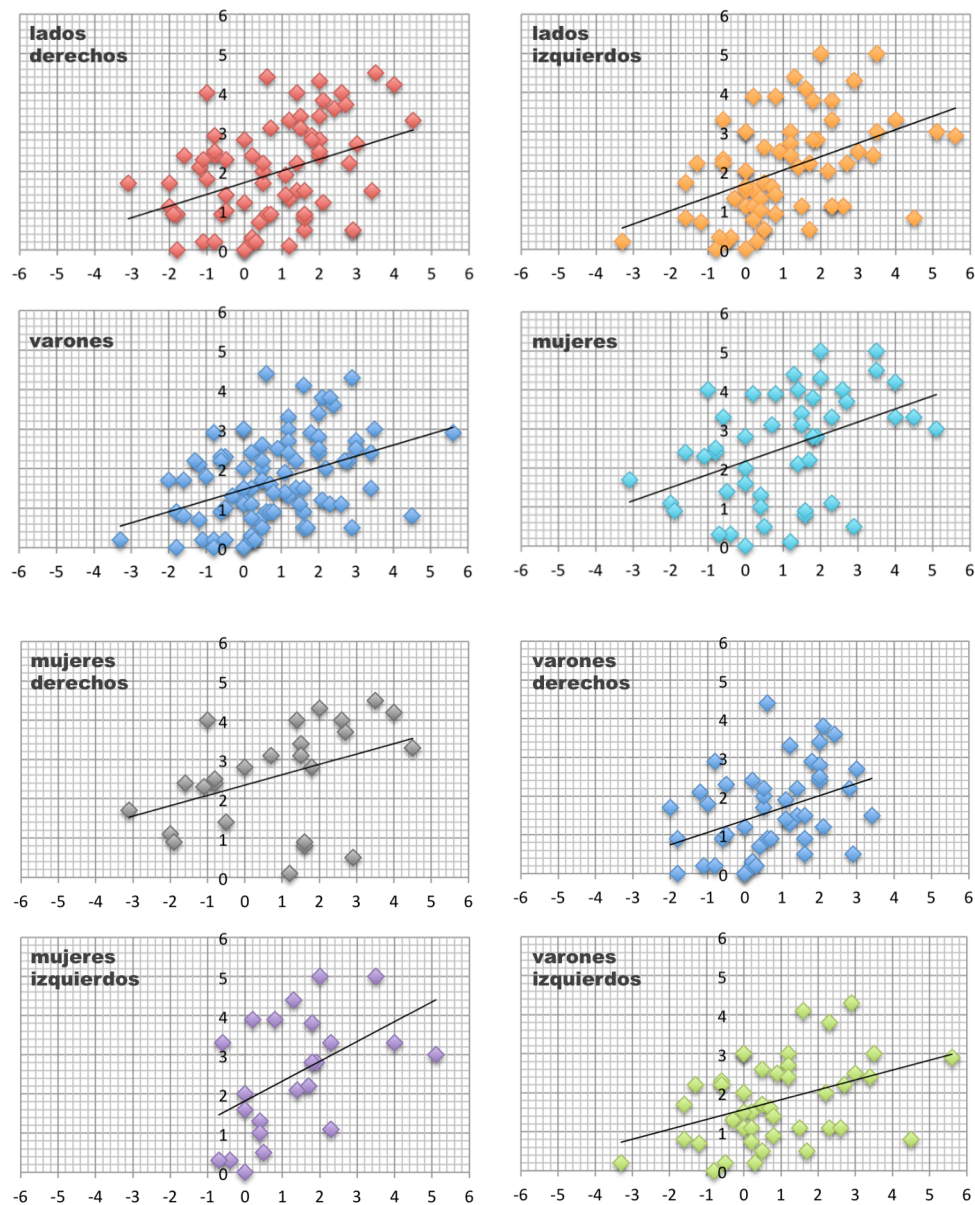


Figura 44. Distribución de las perforantes por lado y sexo
(Imagen original del autor)

Todas las ramas atravesaron la fascia profunda y entraron en la grasa subcutánea en un área de 9x5 cm anterior y ligeramente cefálico al punto de máxima proyección del trocánter mayor. El diámetro medio de las perforantes en el punto en que atravesaban la fascia profunda fue 1.4 mm (rango 0,9-2.4), si bien esta

medición sólo debe considerarse ilustrativa por las limitaciones metodológicas antes descritas. Un número no específicamente evaluado de estas 137 perforantes mostraba un pequeño recorrido intramuscular, menor de 1 cm, a través de *TFL* antes de entrar en la piel. Muchas de ellas discurrieron embebidas en la fascia posterior de este músculo. En este estudio, aunque no se realizó ninguna comparación formal al respecto, estas ramas terminales fueron siempre substancialmente mayores que las perforantes musculocutáneas del tensor de la fascia lata. El modo 3D MPR y 3D MPR curvo permitieron la evaluación del recorrido de la perforante en el tejido subcutáneo.

En las 137 perforantes evaluadas pudo apreciarse que, tras perforar la fascia profunda, todas discurrirán en dirección posterior. La mayor parte de ellas además, discurrían en dirección caudal hacia el pliegue glúteo. En la mayor parte de ocasiones el recorrido de la perforante en la grasa subcutánea pudo ser visualizado a lo largo de varios centímetros.

La distancia media entre el origen de *ACFL/A* y la entrada de la rama cutánea en la grasa subcutánea, que definiría la longitud máxima teórica de pedículo vascular, fue de 8.3 cm (rango 6.6-9.2). El grosor medio de piel/grasa subcutánea, en el punto de perforación de la fascia profunda, fue de 1.9 cm, con grandes diferencias según el índice y distribución de la grasa corporal (0.7 a 8.0 cm en la serie).

La distribución de las perforantes por lado y sexo se detalla en la **Tab. 13**.

Sexo Lado	N° lados	Total perf.	Media perf.	N° perforantes y porcentaje				
				1	2	3	4	5
Varones Derecho	26	47	1,8	10 (38,5%)	11 (42,3%)	5 (19,2%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Varones Izquierdo	26	43	1,7	13 (50,0%)	9 (34,6%)	4 (15,4%)	0 (0,0%)	0 (10,0%)
Mujeres Derecho	10	24	2,4	2 (20,0%)	3 (30,0%)	4 (40,0%)	1 (10,0%)	0 (0,0%)
Mujeres Izquierdo	10	23	2,3	2 (20,0%)	5 (50,0%)	2 (20,0%)	0 (0,0%)	1 (10,0%)
Varones	52	90	1,7	23 (44,2%)	20 (38,5%)	9 (17,3%)	0 (0,0%)	0 (0,0%)
Mujeres	20	47	2,4	4 (20,0%)	8 (40,0%)	6 (30,0%)	1 (5,0%)	1 (5,0%)
Derecho	36	71	2,0	12 (33,3%)	14 (38,9%)	9 (25,0%)	1 (2,8%)	0 (0,0%)
Izquierdo	36	66	1,8	15 (41,7%)	14 (38,9%)	6 (16,7%)	0 (0,0%)	1 (2,8%)
Total	72	137	1,9	27 (37,5%)	28 (38,9%)	15 (20,8%)	1 (1,4%)	1 (1,4%)

Tabla 13. Angiotomografía. Distribución de perforantes por sexo y lado

La **Tab. 14** resume los resultados encontrados en la investigación.

	ANGIOTOMOGRAFÍA 36 pacientes/72 estudios 11 mujeres/25 varones edad media: 40,1	CADÁVER 10 cadáveres/20 disecciones 3 mujeres/7 varones edad media fallecimiento > 75 años
Origen de ACFL		100% con origen en femoral profunda (20/20) 70% tronco común con rama transversa (14/20)
Origen de ACFL/A		100% de ACFL (20/20)
Distancia ACFL/A-ligamento inguinal		Media: 7.8 cm (rango 6.3-9.3)
Distancia TFL-EIAS		Media (vertical): 8.6 cm (rango 6.0-13.5)
Ramas ACFL/A		Nº ramas
		Media por muslo: 5,4
		Recto femoral
		Media: 0.8 (rango 0-1)
		Vasto lateral
		Media: 0.8 (rango 0-1)
		Cadera/fémur proximal
Ramas directas de ACFL/A a cresta ilíaca		Media: 0.8 (rango 0-1)
		Glúteo medio/menor
		Media: 1.7 (rango 1-3)
Espacio pretrocantéreo		Tensor de fascia lata
		Media: 1.3 (rango 1-2)
Rama terminal de ACFL/A en espacio pretrocantéreo		Sartorio
		Media: 0.0 (rango 0)
		Presente 8/20 (40%). Diámetro medio: 1 mm (rango 0.8-1.3) Ausente 12/20 (60%)
Espacio pretrocantéreo	100% (72/72)	100% (20/20)
Rama terminal de ACFL/A en espacio pretrocantéreo	100% (72/72)	100% (20/20)
Subdivisiones de ACFL/A en espacio pretrocantéreo	Total ramas encontradas: 138	Total ramas encontradas: 38
	Media: 1.9 (rango 1-5)	Media: 1.9 (rango 1-3)
	1 rama: 26/72 (36.1%)	1 rama: 7/20 (35.0%)
	2 ramas: 29/72 (40.3%)	2 ramas: 8/20 (40.0%)
	3 ramas: 15/72 (20.8%)	3 ramas: 5/20 (25.0%)
	4/5 ramas: 2/72 (2.8%)	4/5 ramas: 0 (0%)
Distancia origen ACFL/A-TFL	Media: 5,2 cm (rango 4,6-6,8)	
Distancia perforante-origen ACFL/A (longitud pedículo)	Media: 8.3 cm (rango 6.6-9.2)	Media: 7.6 cm (rango 6.2-9.8)
Diámetro perforante	Media: 1.43 mm (rango 0.9-2.4)	
Grosor colgajo	Media: 1.9 cm (rango 0.7-4.2)	
Recorrido perforante en grasa subcutánea	Posterior y caudal durante una distancia substancial (no medida) (72/72)	

Tabla 14. Resumen de los resultados de la investigación

RENDIMIENTO DE LA ANGIOTOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA EN MANOS DE UN CIRUJANO CON LA APLICACIÓN OSIRIX

Definir los resultados es este apartado, aunque importante, es ciertamente difícil por cuanto difícilmente pueden ser mensurables. De manera global, en manos de el doctorando, especialista en Cirugía Plástica, la angiotomografía computarizada demostró unas excelentes, aunque seguro mejorables, aptitudes para la visualización e investigación de la anatomía vascular y musculoesquelética de la zona y el estudio de los vasos perforantes.

Rendimiento del tomógrafo

El rendimiento del tomógrafo utilizado es este estudio (de cuatro cortes), pese a no ser de última generación, permitió una visualización adecuada de las estructuras.

Post-procesamiento. Modos de visualización

Como era esperable, los modos **2D MPR ortogonal** y **3D MPR** fueron los que, globalmente, más información ofrecieron además de ser los de más fácil aprendizaje. Asimismo, considerando las elevadas exigencias de hardware de las aplicaciones de post-procesamiento de imágenes, estos modos de visualización demostraron ser fluidos, por lo que no exigieron, a diferencia del modo 3D VR, de un procesador de última generación. En el modo 2D MPR ortogonal, el ajuste del parámetro *thick slab* (grosor de corte) a *mean* (medio) y número de 8 permitió una excelente visualización inicial, global y “relajante” de la arteria y estructuras adyacentes además de permitir la definición de los puntos de interés ROI. El ajuste del *thick slab* a *MIP thick slab 50* (que utiliza la sumación de 50 cortes de intensidad máxima), asociado al descrito, permitió la mejor demostración de los segmentos intramuscular y subcutáneo de las vasos perforantes.

El modo 3D **MPR curvo** demostró ser el modo de reconstrucción más adecuado para la visualización global de los vasos perforantes al permitir “enderezarlos” y así verlos en una sola imagen. Este modo permitió analizar con detalle las relaciones entre la arteria y las estructura adyacentes. Entre las dos opciones

posibles, *straightened* y *stretched*, esta segunda, que preserva la isometría, presentó la gran ventaja de permitir la medición de las longitudes de los vasos a pesar de su recorrido anfractuoso. El rendimiento en la medición de los diámetros de los vasos de pequeño calibre fue menor por la imposibilidad de delimitar con precisión su límite.

El procesamiento de imágenes **3D VR** demostró ser una excelente herramienta para la valoración y representación 3D de la anatomía. La manipulación de los valores **CLUT** (*color look-up table*) permitieron asignar un color y opacidad a cada uno de los valores de intensidad de la tabla. Aunque OsiriX, por defecto, ofrece diversos valores predefinidos de CLUT no se consideró ninguno de ellos adecuado para la visualización óptima de los vasos perforantes y fue necesaria la individualización de los valores para cada uno de los estudios. No obstante, de modo genérico, los siguientes valores demostraron ser adecuados como modo CLUT predeterminado (**Tab. 15**).

	Valor predeterminado
WL	-6
WW	107
Opacidad	Logarithmic inverse
Sombreado	Endoscopy
Proyección	Parallel
Filtro	Smooth 5x5, Gaussian blur, Sharper 5x5
Nivel de detalle	High

Tabla 15. Modo 3D VR. Parámetros

Este CLUT (**Fig. 45**) fue diseñado para hacer que la grasa subcutánea apareciera transparente y maximizar los contornos de las superficies musculares, mejorando así la visibilidad de los vasos en la grasa subcutánea y subfascial. Aunque no puede considerarse como la más fiable de los modos de visualización en lo que a medición entre puntos se refiere, su utilización para la toma de mediciones de referencia de la perforante en relación al trocánter mayor fue satisfactoria.

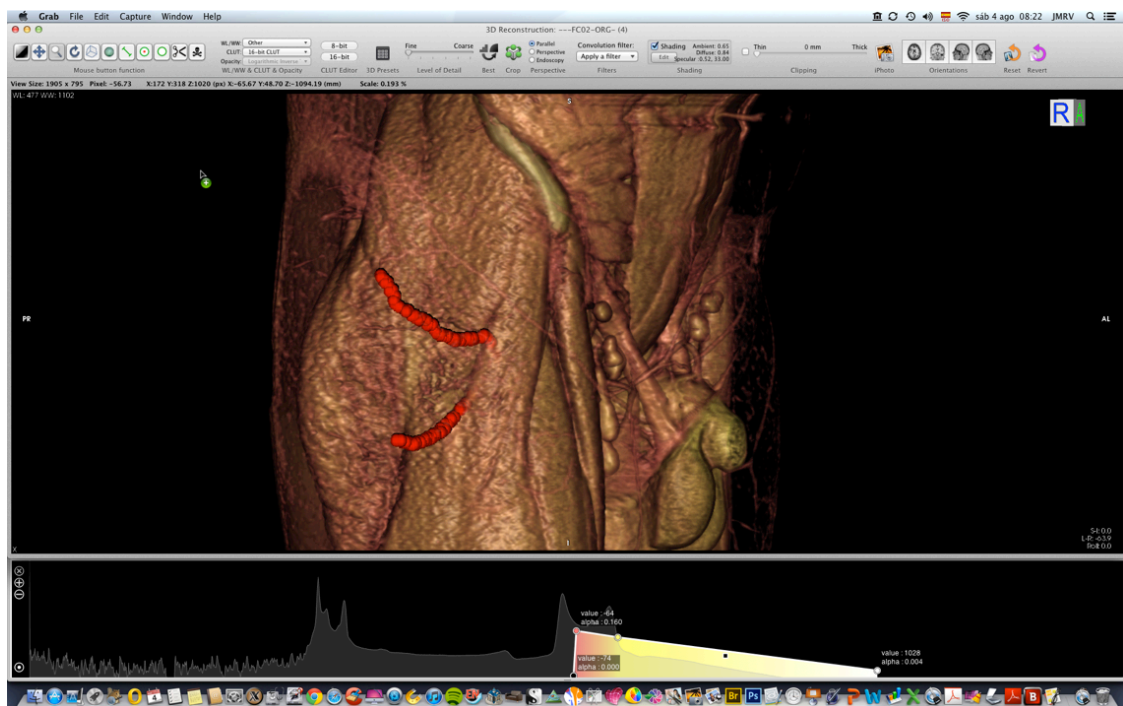


Figura 45. Definición de los parámetros del CLUT
(Imagen original del autor)

La determinación de los **puntos de interés ROI** demostró ser de gran interés tanto en la medición de distancias como en la transferencia de los datos evaluados en los modos 2D y 3D MPR al modo 3VR

VI APLICACIÓN CLÍNICA

Ciencia sin conciencia no es más que la ruina del alma

F. Rabelais

En base a la predecibilidad y fiabilidad de la rama estudiada se decidió la aplicación clínica de la técnica. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la institución y se llevó a cabo según la declaración de Helsinki²⁶⁶ y tras el oportuno Consentimiento Informado escrito de la totalidad de los pacientes. Todos los pacientes, igualmente, dieron por escrito la conformidad para la utilización de sus imágenes clínicas en la elaboración de esta tesis doctoral. A la vista de la imprevisibilidad de la existencia de ramas óseas de la ACFL/A la cresta ilíaca, se decidió la aplicación clínica únicamente de la transferencia cutánea (colgajo superolateral de muslo).

SERIE CLÍNICA

Se realizó un colgajo cutáneo superolateral de muslo microquirúrgico basado en la rama terminal de ACFL/A en cuatro pacientes, todos varones, de edades comprendidas entre los 27 y 55 años (Tab. 16).

Paciente	1	2	3	4
	Varón 27 años	Varón 42 años	Varón 55 años	Varón 30 años
Diagnóstico primario	Cicatriz inestable en el dorso del antepié	Herida profunda por fricción en región ulnar de la muñeca	Amplia dehiscencia de herida de artrodesis tarsiana	Cierre de herida compleja en antebrazo
Procedimiento adicional	Arto y tenolisis	Ninguna	Ninguna	Tenorrafia Osteosíntesis
Diseño y dimensiones del colgajo	Vertical 6x3 cm	Vertical 10x6 cm	Vertical 12x4 cm	Vertical 13x5 cm
Longitud del pedículo (cm)	8	6	6	5
Calidad y diámetro de los vasos	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Evolución postoperatoria	Sin complicaciones	Sin complicaciones	Sin complicaciones	Sin complicaciones
Secuela donante	Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna

Tabla 16. Colgajo superolateral de muslo microquirúrgico. Serie clínica

Todos los pacientes presentaban un defecto tisular traumático de partes blandas de la extremidad inferior o superior relacionado con un accidente laboral. Todos los procedimientos fueron realizados en el Hospital FREMAP de Majadahonda (Madrid). En todos los casos se realizó, por el Servicio de Radiología, un estudio preoperatorio de angiotomografía computarizada. El post-procesamiento de las imágenes, realizado por el doctorando, confirmó la presencia de la perforante en cada uno de los pacientes. Antes de la intervención se procedió a la detección y señalización de la perforante con doppler de mano. Debido a las características de la lesión, se realizaron concomitantemente procedimientos reconstructivos en dos pacientes. En todos los casos se encontró una rama cutánea directa excelente si bien en un paciente ésta mostraba un pequeño recorrido muscular (1 cm). La longitud de pedículo varió entre 6 y 9 cm. Las dimensiones del colgajo variaron entre 6x3 y 13x5 cm. En todos los casos se realizó un diseño vertical de la isla cutánea a fin de facilitar la exposición y disección del pedículo. En ninguno de los pacientes se realizó resensibilización microquirúrgica de la piel transferida. En un paciente se realizó un moderado adelgazamiento intraoperatorio del colgajo. La evolución postoperatoria discurrió sin complicaciones en los cuatro pacientes. Como no puede ser de otra manera, los pacientes refirieron la presencia temporal de dolor en el apoyo decúbito lateral pero fue controlado con analgésicos convencionales y se resolvió en unas pocas semanas. Ninguno de los pacientes refirió dolor residual sustancial a las seis semanas. Asimismo, ninguno de los pacientes aquejó hipo o disestesia en el muslo si bien esta circunstancia no fue específicamente investigada en el seguimiento de los pacientes. El resultado, tanto funcional como estético, fue valorado como adecuado por los cuatro pacientes y ninguno precisó o requirió cirugías o procedimientos revisionales de la zona donante. En dos de los cuatro pacientes se realizó, de manera diferida a los 4 meses, el adelgazamiento del colgajo para mejoría estética de la zona receptora (**Figs. 46 a 48**).

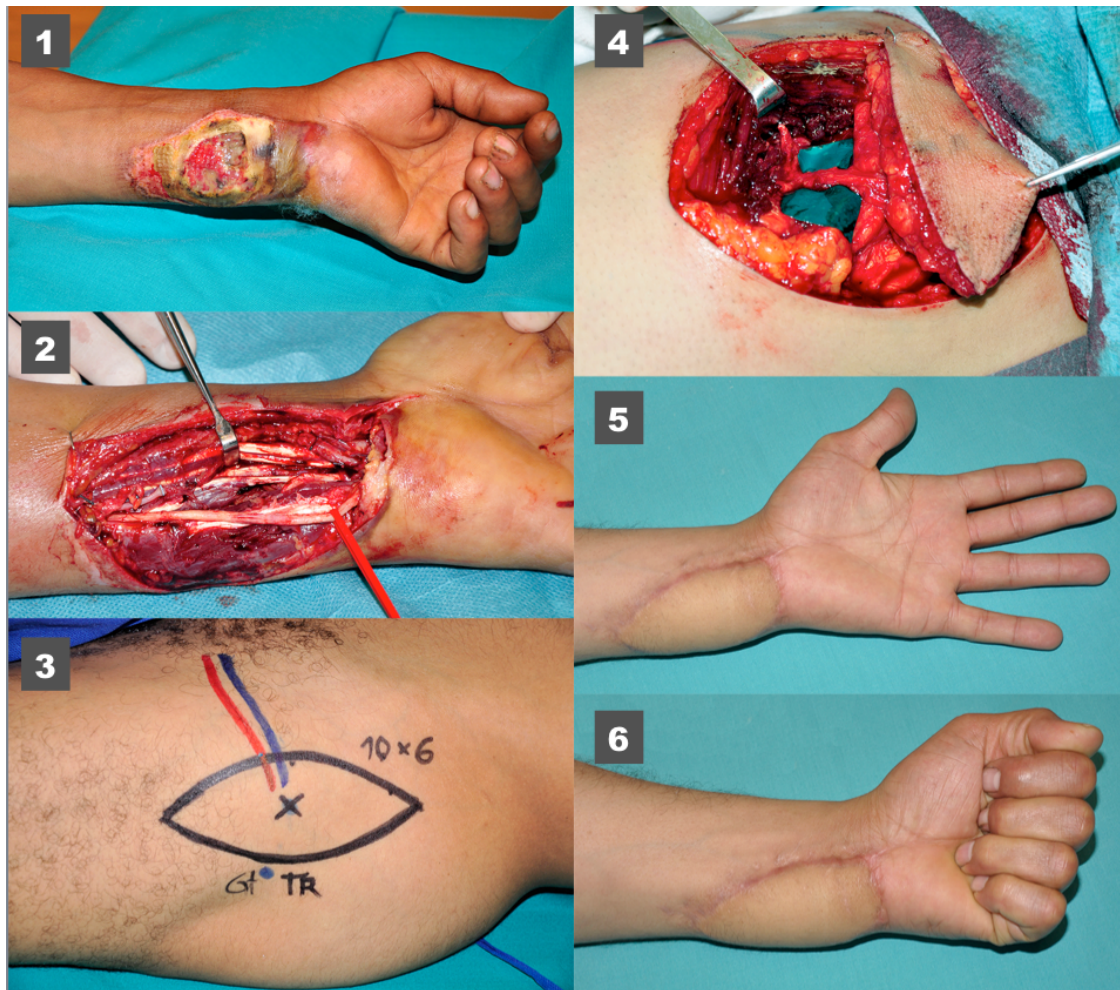


Figura 46. Colgajo superolateral de muslo. Caso clínico 2.
 Varón 42 años. 1. Lesión profunda por fricción traumática. 2. Desbridamiento que revela lesión tendón flexor carpi ulnaris y abrasión de nervio ulnar. 3. Tallado del colgajo. 4. Resultado postoperatorio a los 6 meses (Caso clínico del autor previo consentimiento informado escrito)

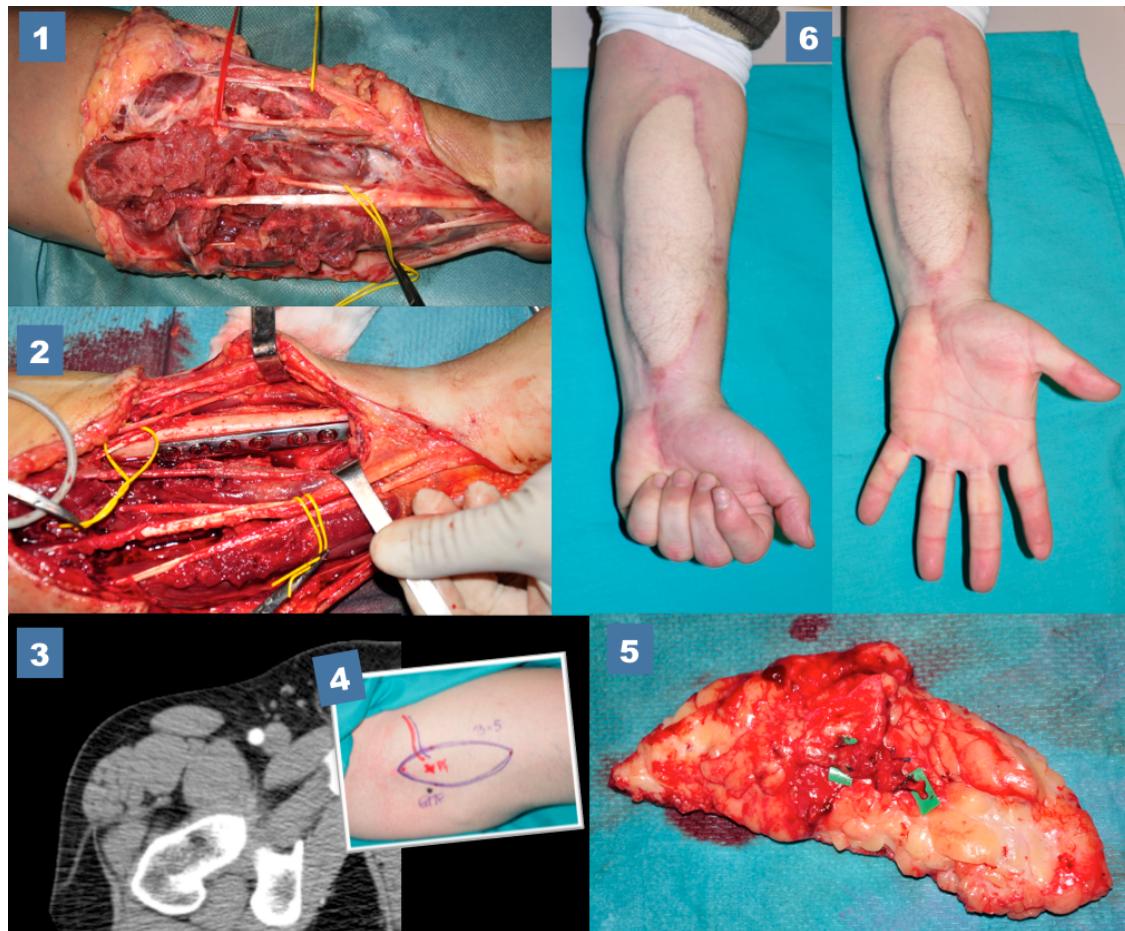


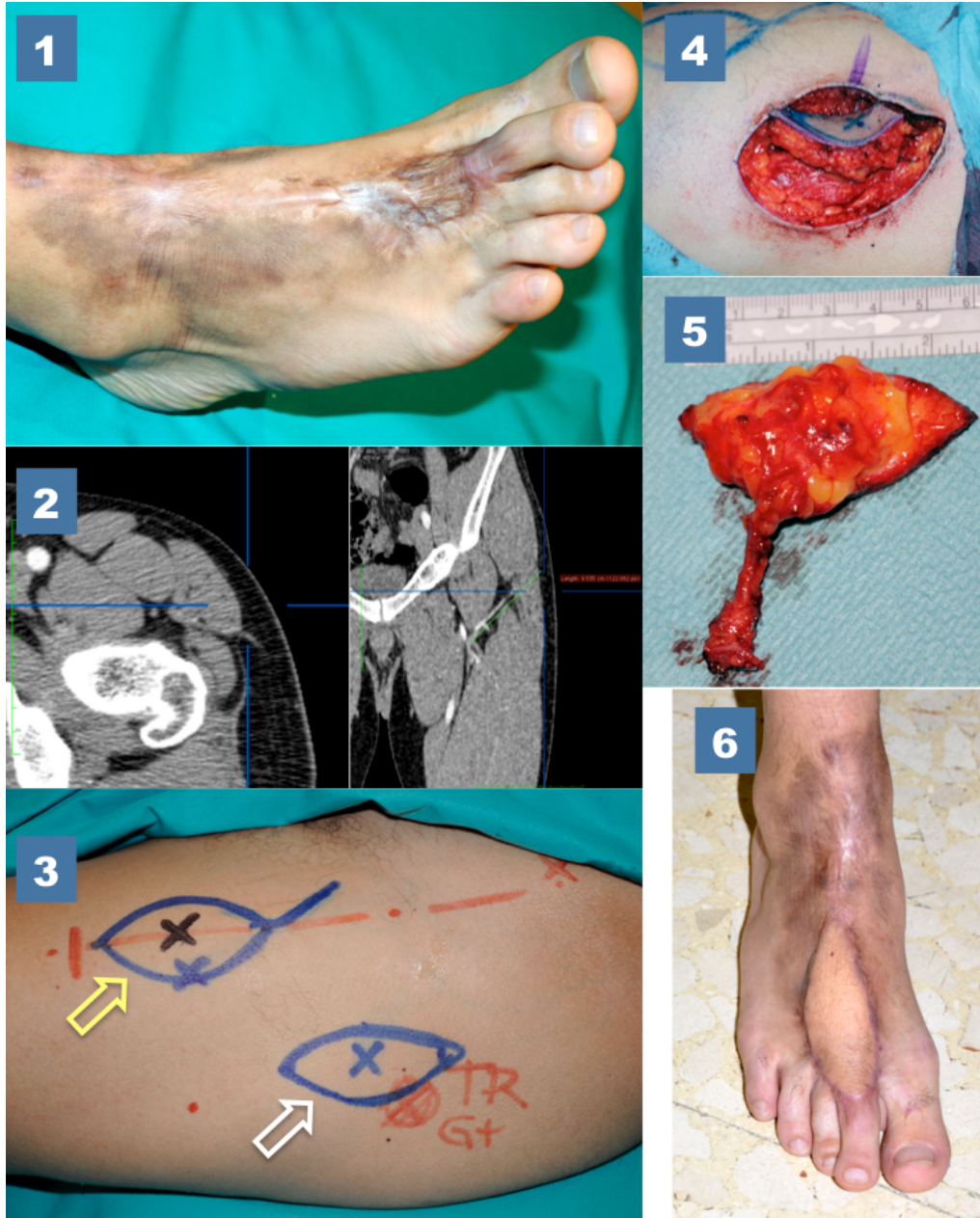
Figura 47. Colgajo superolateral de muslo. Caso clínico 4

Varón 30 años. 1. Lesión por aplastamiento antebraquial izquierda. Severo aplastamiento muscular con riesgo de síndrome compartimental. Fractura de cúbito no desplazada. 2. Desbridamiento. Osteosíntesis cubital. 3.

ATC preoperatorio (corte axial, modo 2D MPR ortogonal). 4. Diseño del colgajo. 5. Colgajo tallado. 6.

Resultado a las 6 meses

(Caso clínico del autor previo consentimiento informado escrito)



Figura

48. Colgajo superolateral de muslo. Caso clínico 1.
 Varón 27 años. 1. Cicatriz inestable, dolorosa y de origen traumático en dorso de antepié derecho. 2. Angiotomografía preoperatoria. 3. Diseño del colgajo (flecha amarilla: diseño del colgajo anterolateral de muslo de perforante, no realizado; flecha blanca: colgajo superolateral de muslo). 4. Imagen intraoperatoria. 5. Colgajo tallado. 6. Resultado a las 6 meses
 (Caso clínico del autor previo consentimiento informado escrito)

TÉCNICA QUIRÚRGICA

La técnica quirúrgica recuerda en gran medida al bien conocido **abordaje anterolateral de cadera y cuello femoral** descrito por Watson-Jones^{267,268}. En la descripción actual de esta técnica, según la *AO Foundation**, se habla de unos vasos que discurren en el intervalo entre el *TFL* y el glúteo medio. Es muy probable que hagan referencia, aunque sin documentar, a la rama cutánea terminal de la *ACFL/A* (**Fig. 49**).

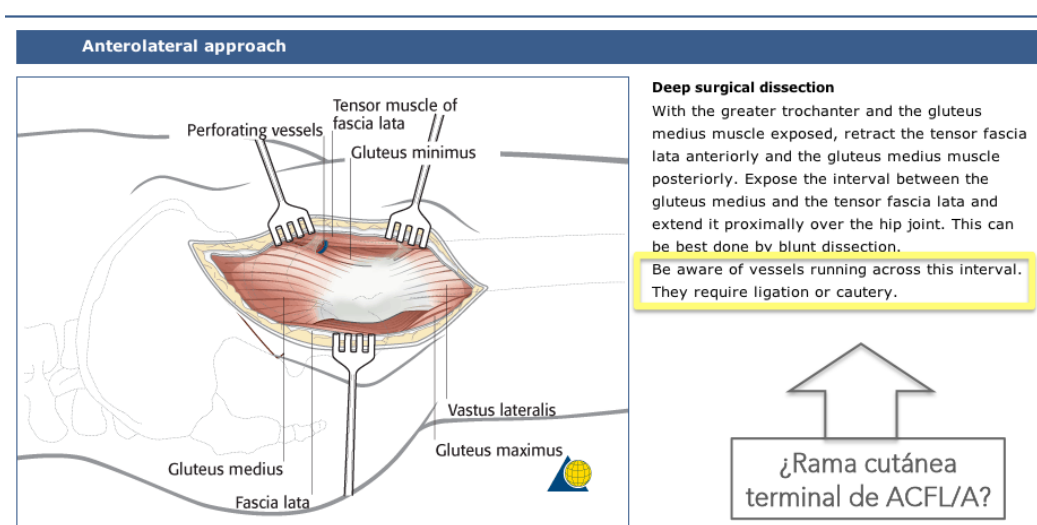


Figura 49. Abordaje anterolateral de cadera (paso 4/9)
(Imagen reproducida de www.aofoundation.org, con permiso)

El marcaje preoperatorio incluye, además del punto de localización de la perforante con el Doppler, el borde posterior del músculo tensor de la fascia lata, definido por una línea que conecta el tubérculo ilíaco con la parte anterior del trocánter mayor. La disección del colgajo en sentido antero-posterior es más sencilla y fue la elegida en la serie (**Fig. 50**). El margen anterior del colgajo es incidido en primer lugar, preferiblemente 4-5 cm anterior al punto de localización con doppler de la rama perforante. La incisión cutánea se profundiza hasta el plano subfascial, donde se encuentra el vientre muscular del tensor de la

* La AO Foundation es una organización sin ánimo de lucro de orientación médica dirigida por un grupo internacional de cirujanos especializados en el tratamiento de los traumatismos y trastornos del sistema musculoesquelético (especialmente la osteosíntesis),

fascia lata. La disección procede luego hacia lateral sobre el vientre muscular, con extrema precaución, hasta la localización de su borde posterior y la perforante del colgajo.

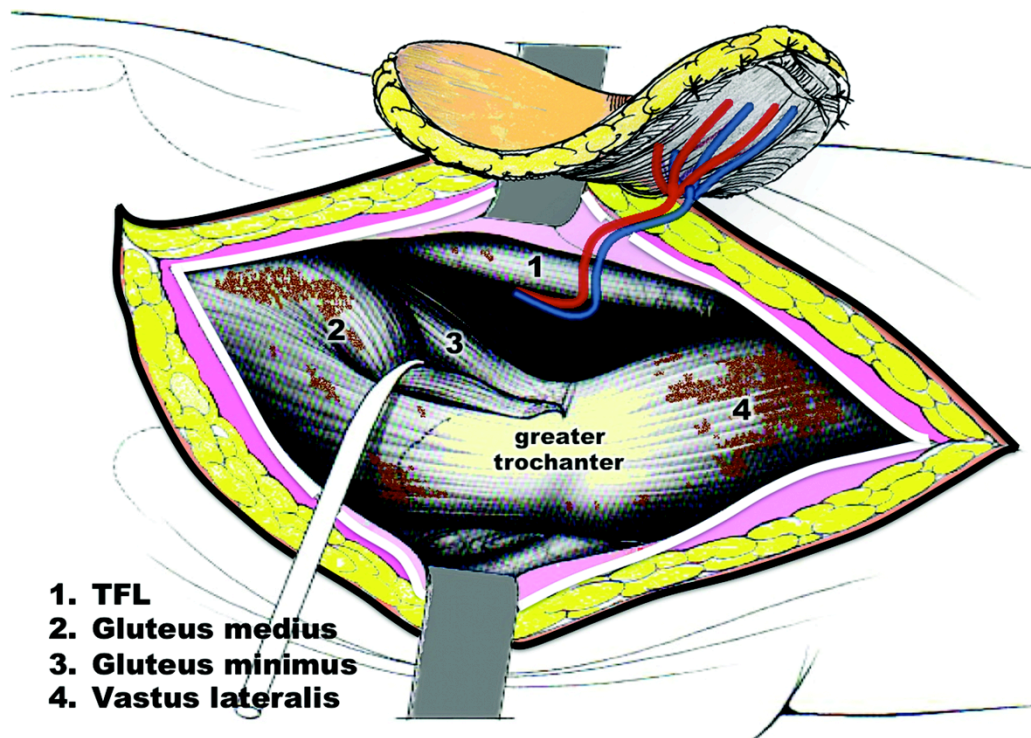


Figura 50. Técnica quirúrgica. Esquema
(Imagen original del autor)

A continuación el músculo es retraído con suavidad mediante separadores romos para exponer la perforante y el recorrido de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral y venas acompañantes. Debe tenerse precaución en este punto por cuanto, en ocasiones, la rama cutánea puede mostrar un corto recorrido muscular o progresar embebida en la fascia muscular profunda durante una pequeña distancia. Ninguna de estas situaciones debe complicar substancialmente la disección. La disección del pedículo vascular continúa entonces hacia medial, profunda a los músculos recto femoral y sartorio y a las ramas del nervio femoral, la distancia necesaria según las necesidades de longitud de pedículo. La disección del pedículo obliga a la ligadura de las diversas ramas encontradas (incluyendo el o los pedículos de músculo tensor de la fascia lata). Prolongar la disección del pedículo más allá de la salida de las ramas

descendente o transversa debería evitarse, salvo por la necesidad de una transferencia combinada, por dos motivos: 1) el sistema circunflejo femoral lateral puede actuar como vía vascular de seguridad en caso de obstrucción poplítea y 2) la preservación de las ramas transversa y descendente asegura la adecuada vascularización de los músculos del muslo y del fémur. Además, la extensión del pedículo en este punto no es probablemente rentable en términos de ganancia de longitud. La sección inadvertida de las ramas del nervio femoral es extremadamente improbable siempre y cuando la disección se mantenga en el plano vascular bajo el músculo recto femoral (**Fig. 51**). Sin embargo, el tracción excesiva con separadores durante la disección debería evitarse a fin de minimizar el riesgo de neuropatía por tracción. Tras la disección de la perforante del colgajo y del pedículo vascular, el tallado de la isla cutánea es expeditivo. Si se desea la resensibilización del colgajo puede incluirse en la isla una rama posterior del nervio cutáneo femoral lateral. La inclusión de fascia lata es posible en función de los requerimientos reconstructivos.

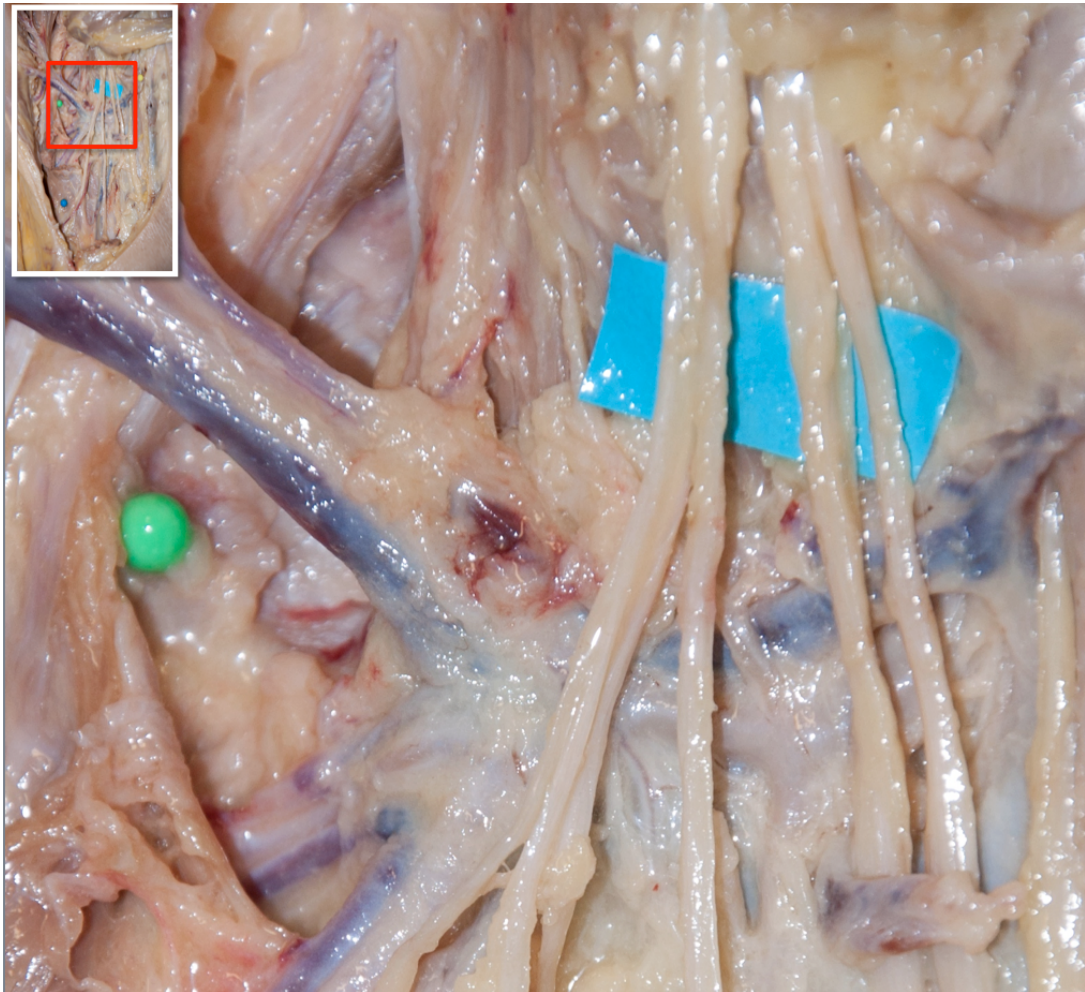


Figura 51. Relación espacial entre el nervio femoral y la ACFL
 La sección inadvertida de las ramas del nervio femoral es improbable porque discurren por delante de ACFL/A. Sin embargo, una retracción agresiva con los separadores quirúrgicos puede producir una neuropatía transitoria por tracción. (Imagen original del autor)

VII DISCUSIÓN

No tengas miedo de caminar despacio, sólo de estar quieto
Proverbio chino

ANATOMÍA DE LA RAMA ASCENDENTE DE LA ARTERIA CIRCUNFLEJA FEMORAL LATERAL

Tanto la disección en cadáver, de manera detallada, como la angiotomografía revelaron una anatomía de la ACFL/A muy regular y similar a la descrita previamente en la literatura relacionada y libros de anatomía. Al igual que otros autores ^{180,185}, en nuestra serie todas las ACFL tuvieron su origen en la femoral profunda a una distancia media del ligamento inguinal de 7,8 cm (rango 6,3-9,3 cm). Se encontró un origen compartido de las ramas ascendente y transversa a través de un tronco común en 14/20 disecciones (70%). De todos modos, no se ha encontrado publicación alguna que manifieste que las posibles variaciones en el modo de emergencia de la ACFL/A pueda tener implicación clínica en la cirugía de colgajos. Por otra parte, en nuestras disecciones nunca se encontró que la distancia entre el origen de ACFL/A y el pedículo del TFL fuera menor de 4,6 cm (media 5,2) ni que la longitud teórica de pedículo vascular, definida por la distancia en el origen de la ACFL/A y el punto donde ésta perforaba la fascia profunda, fuera menor de 6,2 cm (media en ATC de 8,3 cm, media en cadáver de 7,6 cm). Estos datos confirman que la longitud teórica de pedículo de colgajo no debería estar, salvo excepción, por debajo de unas dimensiones razonables para su utilización en la transferencia vascularizada. A lo largo de su recorrido de medial hacia lateral y ligeramente ascendente, se pudo confirmar la emergencia regular de ramas al músculo recto femoral, porción más cefálica del vasto lateral y articulación de la cadera en 80% de las disecciones, tal y como se describe en los textos anatómicos. Sin embargo, en ninguno de los cadáveres se encontró ramas de la ACFL/A al músculo sartorio. De manera global, se encontró una media de 5,4 ramas por ACFL/A estudiada, cifra muy similar a la descrita por Xu y col¹⁹⁹. En todos los casos, tanto en los estudios angiotomográficos como en la disección en cadáver, se encontró que el plano de la ACFL se disponía prácticamente en un único plano coronal, hallazgo éste sin relevancia clínica o anatómica pero que facilita en gran medida la visualización de la arteria en la ATC. De manera similar a otras publicaciones, la emergencia

del pedículo del *TFL* se encontró a una distancia media de 8,6 cm (rango 6,0-13,5).

LA RAMA ASCENDENTE DE LA ARTERIA CIRCUNFLEJA FEMORAL LATERAL EN LA VASCULARIZACIÓN DE LA CRESTA ILÍACA

La capacidad del músculo tensor de la fascia lata de vascularizar la porción anterosuperior de la cresta ilíaca ha sido utilizada por diversos autores en la transferencia compuesta microquirúrgica. En 1994, Koshima y col²⁶⁹ publican un estudio anatómico y una serie clínica relacionados con la transferencia vascularizada osteo-musculo-cutánea basada en la *ACFL*. Según los autores, tanto la rama transversa como la ascendente de *ACFL*, a través de ramas musculares del tensor de la fascia lata, alcanzan y vascularizan la cresta ilíaca anterosuperior. Además, refieren, aunque sin datos anatómicos que sustenten la afirmación, que la rama ascendente se dirige hacia arriba en el espacio entre los músculos tensor de la fascia lata y vasto lateral y termina mediante varias ramas en la cortical externa de la cresta ilíaca. Sin embargo, en la descripción técnica y de los casos clínicos se aprecia que las transferencias óseas, en todos los casos, asocian un pedículo muscular de *TFL*, aunque con preservación parcial muscular. En 2006, Lin y col²⁰⁸ publican una serie clínica de 44 pacientes en quienes se realiza una transferencia microquirúrgica compuesta basada en el eje *ACFL*, 23 de ellos con la inclusión de cresta ilíaca vascularizada. Sin embargo, no aportan datos anatómicos que suplementen las publicaciones previas respecto a la vascularización de la cresta ilíaca. En todos los casos, queda claro que la vascularización ósea proviene de la preservación de un pedículo muscular de *TFL*. En 2009, Windhofer y col²¹³ publican un caso de reconstrucción compleja de miembro inferior mediante un colgajo compuesto que incluye, además de piel y tracto iliotibial, cresta ilíaca pediculada en el músculo tensor de la fascia lata. En un excelente artículo anatómico, Hubmer y col¹⁸⁵ refieren que, aunque existen descripciones anatómica de pequeñas ramas de *ACFL/A* que alcanzan la cortical externa de la cresta ilíaca a través del músculo tensor de la fascia lata, la consistencia de esta vascularización es controvertida. De hecho, según sus

estudios, sólo en 1/45 disecciones encuentran una rama disecable que alcanzara la cresta ilíaca y sólo en 4/9 estudios con inyección de metileno aprecian que el contraste tiñe la cresta ilíaca a través del músculo tensor de la fascia lata. Un artículo, sin embargo, describe que la *ACFL* puede vascularizar la cresta ilíaca anterosuperior con una rama independiente del resto de ramas musculares. Así, en 2010, Dorafshar y col²⁷⁰ describen cuatro casos clínicos, sin estudio anatómico asociado, de transferencias combinadas e independientes basadas en las diversas ramas de la *ACFL*: piel anterolateral del muslo basada en la rama descendente, músculo tensor de la fascia lata y piel suprayacente basada en la rama transversa y cortical externa de la cresta ilíaca basada en la rama ascendente. Según los autores, tras dar ramas a los diversos músculos de la zona, la *ACFL/A* asciende hacia la espina ilíaca anterosuperior y discurre por encima del periostio a nivel del labio cortical externo. Consideran que 10 cm de cresta ilíaca pueden ser transferidos de esta manera. La publicación, sólo clínica, no define con claridad la anatomía de la *ACFL/A* relacionada con la vascularización de la cresta ilíaca y, en esencia, sólo muestra un caso clínico. Nuestra investigación en cadáver encontró una media de 1,7 ramas glúteas por disección (rango 1-3). Estas ramas glúteas, en todas las disecciones, se dirigieron en dirección posterior, cercanas al periostio de la cara glútea del ala ilíaca (no de la cresta), hasta anastomosarse con las ramas anteriores de la arteria glútea superior. En íntima relación con estas ramas glúteas, en 9/20 casos (45%), pudo disecarse una rama que, en lugar de penetrar en el espesor muscular, alcanzaba la región anterior de la cresta ilíaca. Si bien la investigación realizada no incluyó la inyección de contraste, este hallazgo bien puede suponer que en un número indeterminado, pero notable, de casos existe una rama de la *ACFL/A* que, en íntima relación con las ramas glúteas, vasculariza la cresta ilíaca en su porción anterior de manera independiente a las ramas musculares de *TFL* o glúteas. Éste podría bien ser el caso descrito por Dorafshar y col y demostrado únicamente a través de una imagen intraoperatoria (Fig. 52).

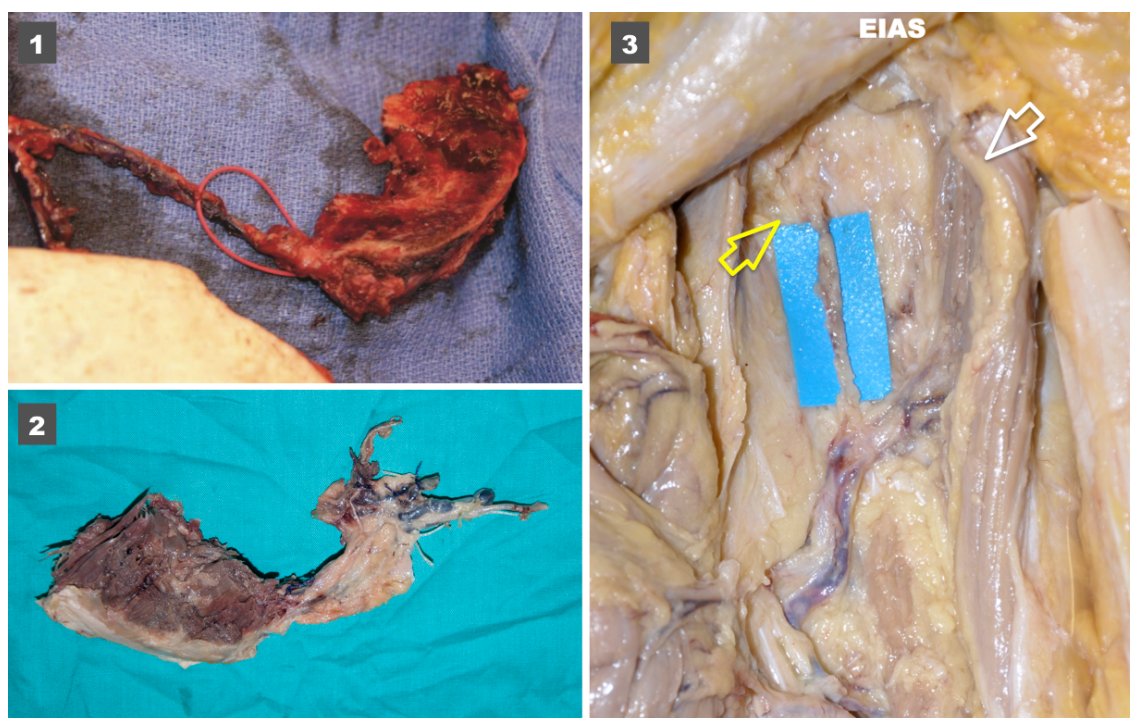


Figura 52. Vascularización de la cresta iliaca por la ACFL/A.

1. Imagen del caso clínico publicado por Dorafshar y col²⁷⁰. 2. Tallado del colgajo en cadáver. 3. Imagen de disección en cadáver. *Flecha amarilla*. Rama ósea de ACFL/A. *Flecha blanca*. Rama glútea de ACFL/A. (Imagen original del autor)

En nuestras observaciones, el diámetro de esta rama ósea, cuando existió, tuvo un diámetro medio de 1,0 mm (rango 0,8-1,3 mm), si bien esta medición puede no ser exacta debido a las limitaciones del calibre utilizado para las mediciones. Por consiguiente, nuestra investigación podría indicar que la *ACFL/A* participa en la vascularización de la cresta bien a través de las inserciones musculares (*TFL* o glúteo medio) o, en un número significativo pero no definido de casos, a través de una rama directa independiente a la porción anterior de la cresta ilíaca.

LA RAMA ASCENDENTE DE LA ARTERIA CIRCUNFLEJA FEMORAL LATERAL EN LA VASCULARIZACIÓN CUTÁNEA DEL MUSLO

Clásicamente se ha considerado que la participación de la *ACFL/A* en la vascularización cutánea de la región superolateral del muslo deriva de la emergencia de ramas indirectas musculocutáneas a través del *TFL*. Según Cormack y Lamberty¹⁷, entre cinco y ocho perforantes musculocutáneas, con una media de 0.8 a 1 mm, se originan del músculo y vascularizan la piel. En su estudio sobre la aplicación del concepto de angiosoma a la región del muslo y glúteo, Pan y Taylor³⁷ concluyen, igualmente, que la rama ascendente vasculariza la piel de la región a través de tres a cinco ramas perforantes indirectas musculocutáneas del *TFL*. Ninguno de las fuentes descritas, por consiguiente, describen la presencia de ramas septocutáneas en la vascularización de la zona. La popularización de los colgajos de perforante desde finales de los 90 produjo un renovado interés por el colgajo *TFL*. Los trabajos de Deiler y col⁹¹, en 2000, Koshima y col⁹², en 2001, y Kimura y col^{95,271}, en 2002 y 2003, aplican el concepto clínicamente y describen series cortas de colgajos cutáneos de la región basados en perforante indirectas musculocutáneas. Kimura, sin profundizar en el hallazgo, describe la posible emergencia de una perforante septocutánea entre los músculos tensor de la fascia lata y glúteo medio. Sin embargo, ninguna de estas publicaciones aporta un estudio anatómico sobre las perforantes cutáneas de la zona y definen el colgajo de perforante de tensor de la fascia lata como un colgajo basado en perforantes musculocutáneas. Ishida y col⁹⁴, en 2005, publican un estudio anatómico y una serie clínica que describe las perforantes cutáneas de

la *ACFL/A* mayores de 1mm de diámetro. El estudio no hace referencia al tipo de perforantes encontradas (septocutánea o musculocutánea) pero sí relaciona su localización con el trocánter mayor. Hubmer y col¹⁸⁵, en 2009, realizan un doble estudio en cadáver con un grupo de disección en especímenes preservados según la técnica de Thiel y otro grupo de estudios de inyección con azul de metileno. A diferencia de las publicaciones previas, los autores describen la presencia regular de 1-3 perforantes septocutáneas de *ACFL/A* que vascularizan la piel a través del septo que separa los músculos *TFL* y glúteo medio. En 2011, los mismo autores⁹⁷ publican su experiencia en 17 pacientes. Dos publicaciones son de gran interés en la discusión a pesar de su llamativa invisibilidad en la literatura. Medot y Fissette¹⁸³, referenciados únicamente por ocho artículos*, realizan en 1993 un estudio doble angiográfico y con azul de metileno y definen que el modo de terminación de la *ACFL/A* es a través tres ramas relacionadas con el *TFL*: 1) una rama inconstante descendente para la parte inferior del músculo que discurre sobre la superficie externa de la fascia lata e irriga la parte lateral de la piel del muslo, 2) una o dos ramas ascendentes y 3) una rama transversa constante que discurre horizontalmente hacia posterior sobre la superficie externa del *TFL* y que se extiende muy por detrás del límite posterior del *TFL*. Los autores encuentran que esta rama transversal vasculariza la región trocantérea y que la zona irrigada cubre un territorio transversal de aproximadamente 12x15 cm. En la misma línea, Heitmann y col²⁷², sólo referenciados en una única publicación†, encuentran, en su artículo de 1998 en base a su estudio angiográfico y de disección en 30 cadáveres, que la rama transversa de *ACFL* es el vaso dominante en la vascularización de la región trocantérea y puede soportar un área cutánea de 20x10 cm centrado en la región trocantérea.

Nuestra investigación corrobora los hallazgos básicos de los estudios previos y amplía el estudio de la vascularización de la piel de la zona a través de ramas directas, no musculocutáneas, de la *ACFL/A*. El estudio demostró que, justo tras la emergencia del pedículo del *TFL*, la *ACFL/A* termina como una rama cutánea directa que vasculariza la piel de la región superolateral del muslo. La medición

* Reflejado por Google Scholar (Académico)

† Reflejado por Google Scholar (Académico)

de los diámetros de las perforantes en el punto en que atraviesan la fascia profunda no pudo considerarse rigurosa en nuestra investigación pero sí revelaron, al igual que lo estudios de Hubmer y col, Medot y Fissette y Heitmann y col, que el calibre de esta rama terminal es considerable y sensiblemente superior al de las ramas musculocutáneas adyacentes (en nuestro trabajo éste fue un hallazgo regular pero no documentado). Este hallazgo sigue el principio básico en la vascularización cutánea por el cual las ramas directas tienen como objetivo la vascularización de la piel a diferencia de las ramas indirectas, que dejan buena parte de su caudal para la vascularización de estructuras profundas (en este caso el *TFL*). Por consiguiente, fruto de las publicaciones previas y de esta investigación podríamos afirmar que la vascularización de la región trocantérea y superolateral de muslo emanaría, básicamente, de dos tipos de perforantes originadas de la *ACFL/A* (**Fig. 53**):

- △ Perforantes indirectas, musculocutáneas, que atraviesan el *TFL*.
- △ Perforantes cutáneas directas, ramas terminales de la *ACFL/A*, que serían las más importantes de la región.

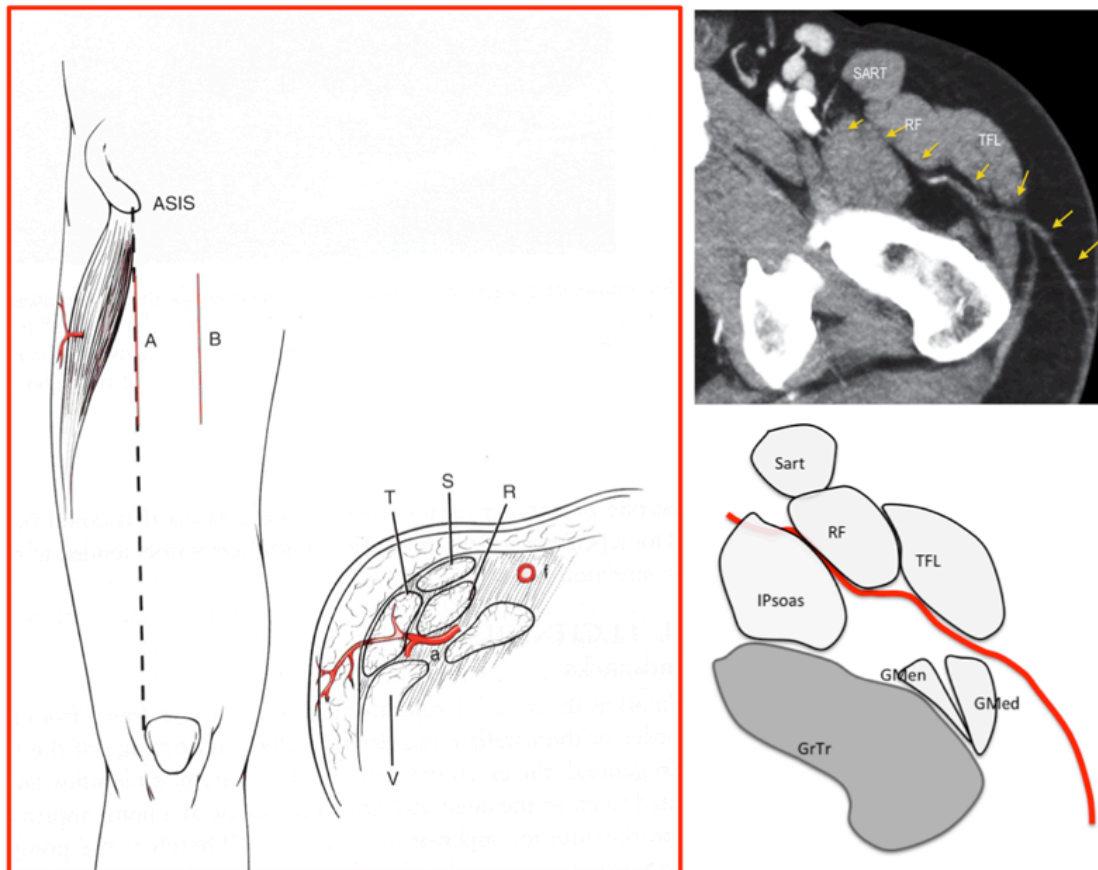


Figura 53. Perforantes de la ACFL/A.

Izquierda. Perforante musculocutánea de TFL según Kimura (imagen reproducida de ref.⁵). Derecha. Perforante cutánea directa (rama terminal de ACFL/A)(imagen original del autor)

Nuestra investigación reveló, igualmente, que estas ramas discurren, antes de perforar la fascia profunda, a través de un espacio triangular anatómico (que hemos denominado **triángulo pretrocantéreo**) bien definido y cuyos límite anatómicos son:

- Δ Anterior: músculo tensor de la fascia lata
- Δ Posterosuperior: inserción trocantérea de los músculos glúteo medio y menor
- Δ Posteroinferior: inserción trocantérea del músculo vasto lateral
- Δ Posterior: trocánter mayor

La emergencia de vasos cutáneos directos a través de espacios anatómicos intermusculares o intermusculoesqueléticos no es nueva y este hecho ha servido de referencia en la descripción de algunos colgajos. Sirvan como ejemplos el colgajo escapular, basado en la arteria circunfleja escapular que emerge a través

del triángulo omotricipital²⁷³, o el colgajo supraclavicular, basado en la arteria supraclavicular que emerge a través del triángulo anatómico delimitado por el músculo esternocleidomastoideo, el músculo trapecio y la clavícula²⁷⁴. Al igual que en el triángulo descrito en esta investigación, estos triángulos, con cierta frecuencia, son aprovechados por vasos de tamaño considerable para alcanzar la piel. Este comportamiento sigue uno de los principios básicos anatómicos sobre los angiosomas descritos por Taylor y Palmer^{28,35} por el cual los vasos cutáneos dominantes perforan la fascia profunda en regiones cutáneas con un fuerte anclaje a las estructuras subyacentes. Aunque no descrito previamente, la presencia de este triángulo pretrocantéreo puede, de manera sorprendente, ser evaluado en el atlas de anatomía radiológica (RAAViewer's radiology anatomy atlas*)²⁷⁵(**Figs. 54 a 56**). En sus imágenes, este atlas incluso deja entrever la rama cutánea terminal de ACFL/A.

* RAAVIEWER (*Radiology Anatomy Atlas Viewer*) es un programa gratuito, disponible para Mac y Windows, que permite la visión de imágenes etiquetadas de la anatomía humana. Las etiquetas están ligadas a una base de datos que ofrece descripciones detalladas de las partes de la anatomía. El programa es distribuido con diversos grupos de imágenes que incluyen ilustraciones de la anatomía humana publicada en Eycleshymer & Shoemaker's "A Cross-Section Anatomy" y fotografías de cortes axiales de "Visible Human Project" de la U.S. National Library of Medicine.

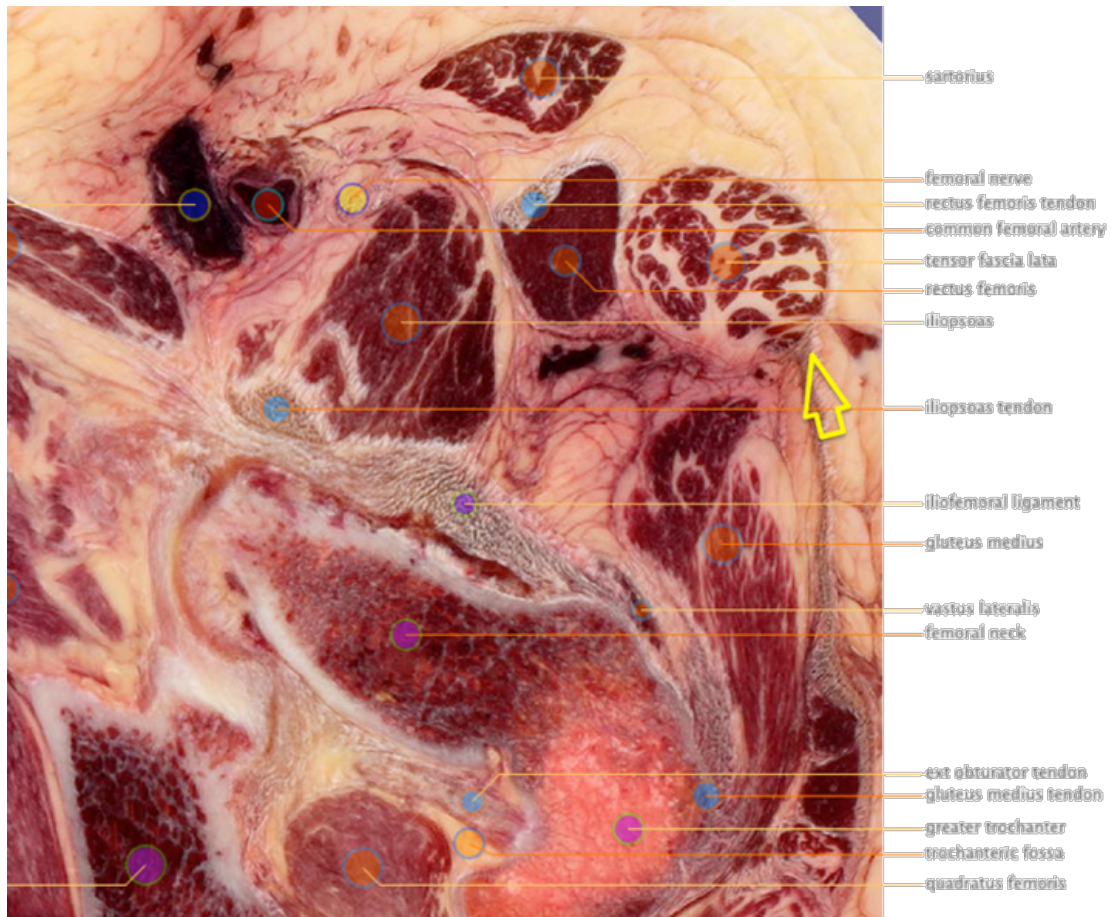


Figura 54. Triángulo pretrocantéreo (corte axial)
(Imagen reproducida de RAAViewer²⁷⁵, disponible en www.bearboat.net/RAAViewer/RAAViewer)

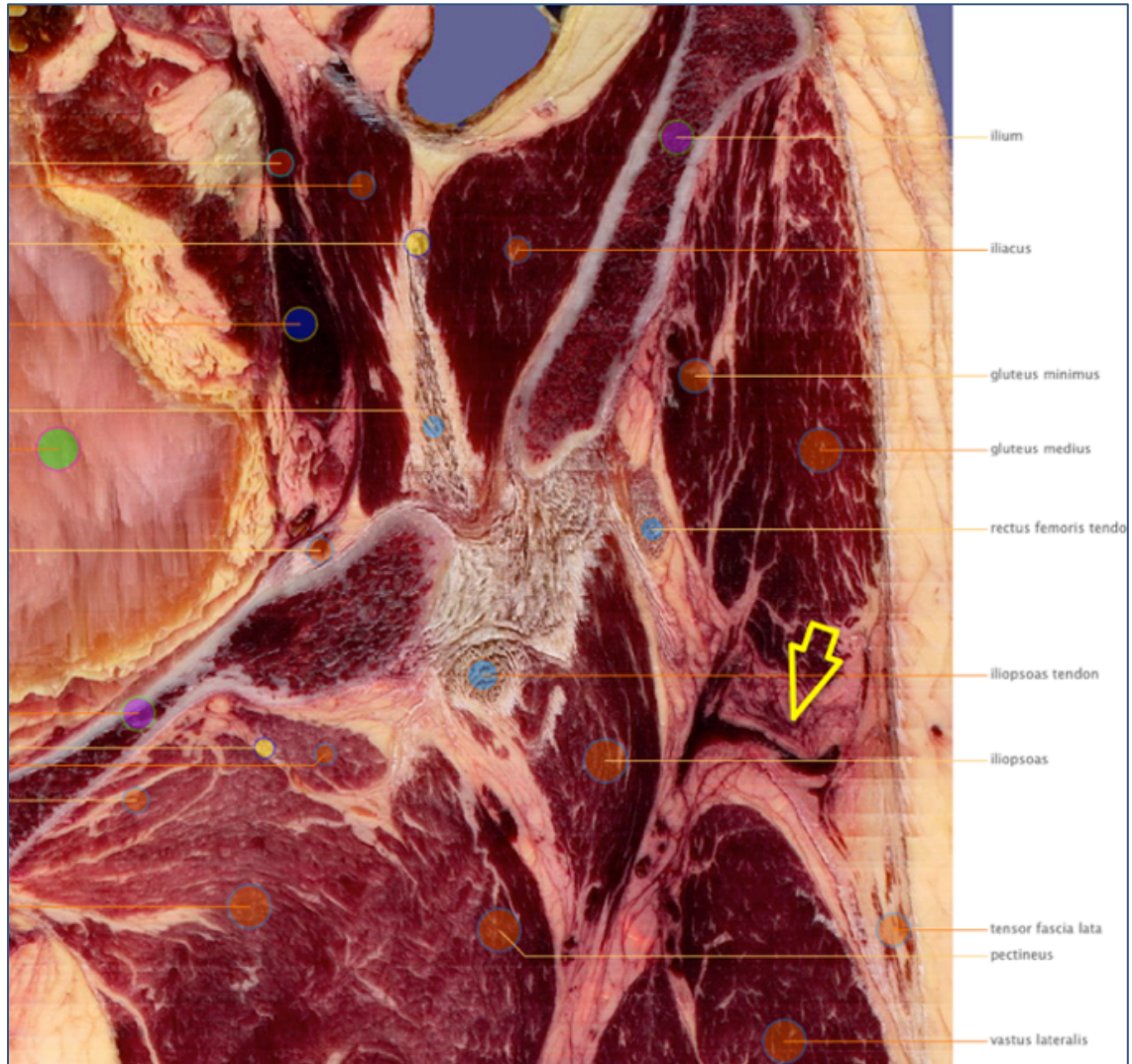


Figura 55. Triángulo pretrocantéreo (corte coronal)
(Imagen reproducida de RAAViewer²⁷⁵, disponible en www.bearboat.net/RAAViewer/RAAViewer)

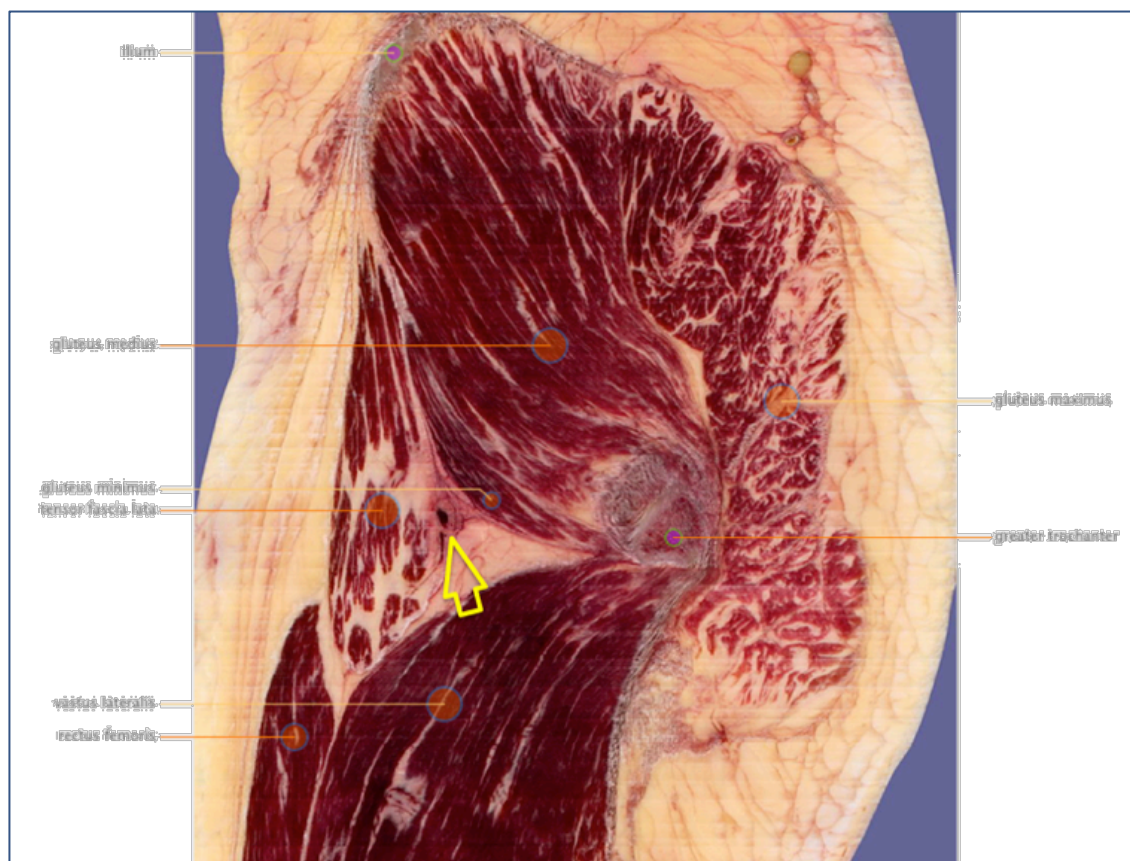


Figura 56. Triángulo pretrocantéreo (corte sagital)

(Imagen reproducida de RAAViewer²⁷⁵, disponible en www.bearboat.net/RAAViewer/RAAViewer)

Ishida y col definen una tabla de coordenadas sobre la que localizar las ramas perforantes localizadas. Definen como eje de X la línea de unión entre la EIAS y el margen lateral de la rótula y como eje Y la línea de unión entre el pubis y el trocánter mayor. Los autores encuentran una media de 2,42 perforantes (sin describir si éstas son septocutáneas o musculocutáneas) en un área de 8x4 cm anterior al trocánter mayor)(Fig. 57).

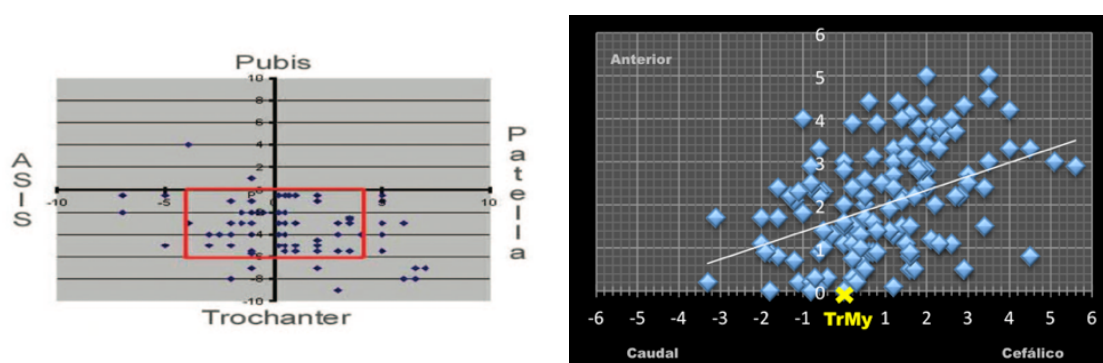


Figura 57. Distribución de perforantes
Izquierda. Distribución de perforantes según Ishida⁹⁴ (imagen reproducida de ref. ⁹⁴). Derecha. Hallazgos de nuestra investigación (imagen original del autor)

Nuestra investigación encontró, en la disección en cadáver, una media de 1,9 perforantes de esta rama terminal en el triángulo pretrocantéreo descrito, con un rango de 1 a 3 ramas. En el estudio angiotomográfico la media encontrada fue igualmente 1,9, con un rango de 1 a 5 ramas. La distribución de perforantes de nuestro estudio coincide en gran medida con el trabajo de Ishida, si bien en nuestro trabajo la presencia de perforantes fue más abundante en un espacio de 7x5 cm cuyo centro se encontró situado directamente anterior y cefálico al punto de mayor proyección del trocánter mayor. Esta disposición fue constante a lo largo de la investigación, no encontrándose diferencias entre lado de disección (derecho-izquierdo) o sexo (varón-mujer). Esta disposición está en armonía con el espacio pretrocantéreo descrito cuya localización es inmediatamente anterior y cefálico al trocánter mayor.

Tanto Medot y Fissette como Heitmann y col describen la presencia de una rama transversa que vasculariza la zona trocantérea, si bien este último considera que es la rama transversa de ACFL, y no la ascendente, su origen. Nuestra

investigación permitió confirmar y delimitar la presencia de esta rama terminal de *ACFL/A*, determinar su relación pero no dependencia del pedículo de *TFL* y definir su emergencia a través de un espacio anatómico concreto. Sin embargo, a diferencia de estos autores, nuestra investigación confirma que esta rama terminal, antes de perforar la fascia profunda, presenta subdivisiones en ramas menores. En el estudio en cadáver, la arteria se subdividió en 65% de los casos y sólo en 35% perforó la fascia profunda sin subdivisiones previas. Aún así, en 40% del total de disecciones, la rama terminal presentó sólo dos subdivisiones. El estudio angiotomográfico dio cifras similares, con 36% de casos en que la arteria no sufrió subdivisión y 40% en que presentó dos subdivisiones.

El trocánter mayor es fácilmente palpable en la mayor parte de individuos y es considerada una referencia importante en numerosas mediciones relativas a la cadera y el cuello femoral. Por consiguiente, de manera similar a como han considerado otros autores^{94,178}, parece aconsejable que sea el trocánter mayor, que delimita posteriormente este espacio anatómico, y no la espina ilíaca anterosuperior quien sirva de referencia tanto en los estudios de investigación como en la práctica clínica.

La anatomía de la rama cutánea terminal, una vez perforada la fascia profunda, tampoco apenas ha sido investigada previamente pese a su importancia evidente en el diseño y dimensiones de los colgajos. El tamaño máximo posible de la isla cutánea del colgajo de perforante del músculo tensor de la fascia lata no ha sido aún determinado con precisión¹⁸⁶. Hubmer y col^{97,185} definen una zona de seguridad definida: 1) en anterior, por la espina ilíaca anterosuperior, 2) en posterior, por el pliegue glúteo, 3) en superior, 5 cm caudal a la cresta ilíaca y 4) en inferior, por el borde distal del músculo tensor de la fascia lata. A diferencia del resto de publicaciones relacionadas con el colgajo de perforante del *TFL*, donde los diseños de la isla cutánea son esencialmente longitudinales, diversos autores proponen, por diversos motivos, la disposición transversa de la misma. Elliot y col¹⁸⁴ proponen un diseño transversal lateral en la reconstrucción mamaria con un colgajo musculocutáneo del tensor de la fascia lata. Medot y Fissette y Heitmann y col consideran que el diseño transversal sobre la región trocantérea

es considerablemente más seguro que el vertical. De igual manera, Kind y col²⁷⁶ aplican el diseño de Elliott pero en base a un colgajo de perforante. Nuestra investigación no incluyó estudios de inyección. Sin embargo, con práctica, la distribución de los vasos cutáneos pueden ser visualizados en la angiotomografía (Fig. 58).

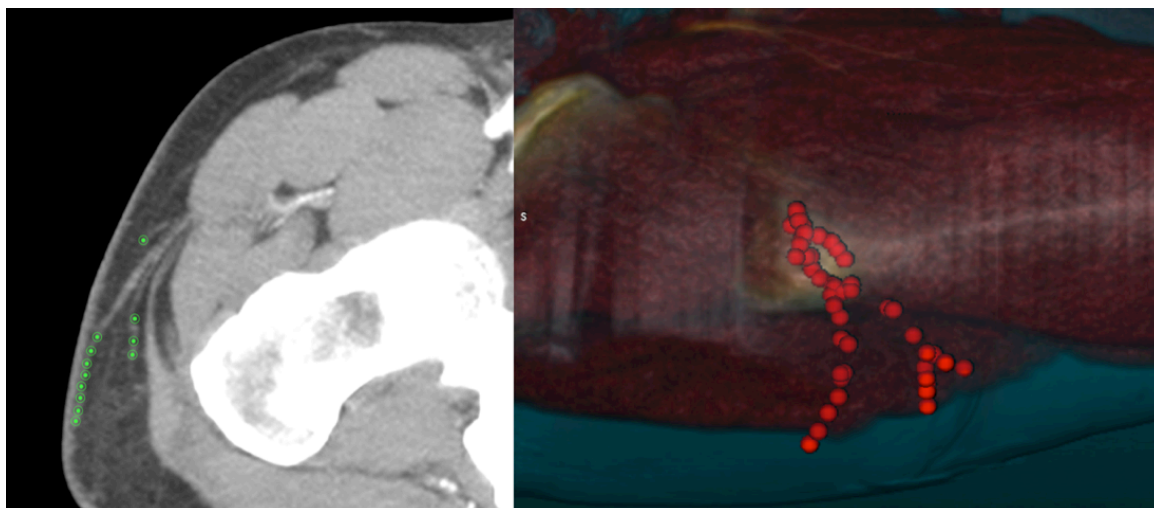


Figura 58. Recorrido de perforante en tejido subcutáneo
Izquierda. La colocación de puntos de interés ROI en el modo 2D MPR ortogonal permite evaluar globalmente, en el modo 3D VR, la distribución de la perforante en el tejido subcutáneo. (Imagen original del autor)

En nuestro estudio se observó que, tras atravesar la fascia profunda, todas las perforantes encontradas tomaban un curso en dirección posterior y, con elevada frecuencia, discretamente caudal. De ello puede deducirse, con bastante probabilidad, que el territorio cutáneo vascularizado se sitúe más en dicha dirección que en el eje axial del miembro. En su descripción de la teoría del perforasoma³³, Saint-Cyr y col afirman, como segundo principio relativo a las perforantes cutáneas, que la dirección de los vasos perforantes en el tejido subcutáneo discurre, en las extremidades, a lo largo de su eje. Es posible que la región trocantérea, a la vista de los resultados, tenga un comportamiento similar a la región glútea y no a las extremidades en lo que a disposición de las perforantes cutáneas se refiere.

Nomenclatura aplicada

La investigación realizada, en base al estudio propio y a estudios previos, permite afirmar que la rama terminal de ACFL/A puede definir un colgajo de perforante. En términos cotidianos el colgajo podría definirse como “colgajo superolateral de muslo”. Sin embargo, siguiendo la recomendación de los expertos^{4,43,45,46}, una descripción más completa sería deseable. La nomenclatura aplicable, por tanto, podría ser: colgajo superolateral de muslo basado en perforante directa de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral (en inglés, LCFAP-AB-dc, siglas de *lateral circumflex femoral artery perforator-ascending branch-direct cutaneous flap*)(Tab. 17).

NOMENCLATURA. DESCRIPCIÓN DEL COLGAJO

Colgajo superolateral de muslo basado en rama perforante directa de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral

LCFAP-AB-dc

Tabla 17. Colgajo superolateral de muslo. Nomenclatura

Las características del colgajo, por consiguiente, lo diferencian del término “colgajo de perforante del músculo tensor de fascia lata”, descrito previamente por diversos autores^{91,92,94-96,185,271} y que correspondería al mismo territorio cutáneo pero basado en ramas musculocutáneas de ACFL/A y no en su rama cutánea terminal.

LA RAMA ASCENDENTE DE LA ARTERIA CIRCUNFLEJA FEMORAL LATERAL EN LA TRANSFERENCIA TISULAR VASCULARIZADA COMPUESTA

En la líneas de los trabajos al respecto de Hallock^{2,3}, los requisitos deseables de un **colgajo compuesto** son:

- Δ Que esté basado en un eje vascular cuyo déficit pueda ser adecuadamente compensado por vasos principales adyacentes y que, además, presente un calibre y longitud suficientes.
- Δ Que permita la transferencia de múltiples tejidos (piel, músculo, hueso, fascia, tendón) con la calidad y cantidad tisular suficiente necesarias para una adecuada reconstrucción.
- Δ Que la disposición de los pedículos de cada una de las líneas tisulares permita la maniobrabilidad tridimensional suficiente para una adecuada reconstrucción.

Sin lugar a dudas, el mayor interés de esta investigación radica en el estudio de las posibilidades de la *ACFL/A* en la transferencia tisular compleja microquirúrgica porque el eje vascular cumple la mayor parte de requisitos descritos:

- Δ La *ACFL/A* es un eje vascular, salvo en casos excepcionales, prescindible y su ausencia es perfectamente compensada por el resto de arterias de la región. Además, es una arteria de excelente calibre (3 mm de media en nuestra serie) y longitud razonable (5,2 mm de media en nuestra serie).
- Δ Se han descrito diversas transferencias asociadas a la *ACFL/A* de excelente calidad:
 - Muscular de *TFL*, recto femoral o glúteo medio
 - Cutánea, basada en perforantes indirectas o septocutáneas (colgajo de perforante de *TFL*)
 - Fascial, por la posibilidad de incorporación de la fascia lata asociada a la transferencia cutánea

Aunque posible, la transferencia ósea de cresta ilíaca basada en ramas musculoperiósticas de *TFL* o glúteo medio presenta importantes limitaciones. La inclusión muscular suele suponer excesivo volumen a la reconstrucción a pesar de la posibilidad quirúrgica de esqueletizar la rama ascendente del pedículo *TFL*²⁰³. Además, la inclusión muscular suele ser causa de la pérdida de maniobrabilidad en el tejido transferido y dificultar enormemente la adaptación de la transferencia al defecto tisular a reconstruir. Nuestro trabajo aporta nuevos conocimientos porque sugiere que, en un porcentaje importante de casos, la *ACFL/A* da una rama que podría vascularizar la porción anterior de la cresta ilíaca independientemente de las inserciones musculares (**Fig. 59**).

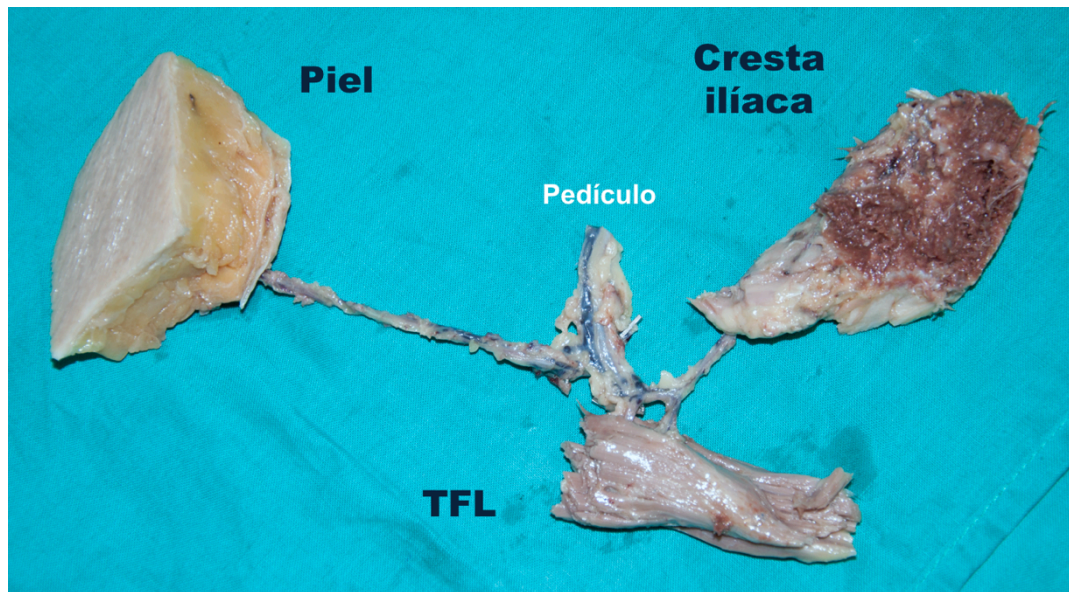


Figura 59. Colgajo compuesto de ACFL/A tallado en cadáver.
En un número de pacientes todavía por definir es posible la transferencia compuesta vascularizada con la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral. (Imagen original del autor)

Sin embargo, la ATC, durante este estudio, no ha podido evaluar adecuadamente esta rama y, por consiguiente, no parece probable su utilidad en la evaluación clínica preoperatoria. Es posible que la determinación exacta de si esta rama ósea existe en un paciente concreto deba realizarse de manera intraoperatoria, lo cual indudablemente disminuye la predecibilidad de la transferencia.

APLICACIÓN CLÍNICA. DISCUSIÓN

Considerando las bases anatómicas que fundamentan la transferencia, el colgajo superolateral de muslo (LCFA/a-Dc según la terminología de Sinna) puede considerarse muy fiable. Además, por estar basado en una rama directa terminal, el calibre de la perforante ha demostrado ser regularmente excelente. El colgajo cutáneo es poco piloso, lo cual es una ventaja reconstructiva en las zonas “visibles” como la mano y los pies. La morbilidad en la zona donante, por la experiencia encontrada, es escasa. La técnica quirúrgica presenta gran similitud con el abordaje anterolateral de cadera y cuello femoral descrito por Watson-Jones en 1936, considerado en la actualidad como la vía de abordaje a la región de la cadera con menor morbilidad^{267,277,278}. La experiencia acumulada con la técnica apoya la limitada morbilidad asociada a la extracción del colgajo. La

cicatriz donante es fácilmente ocultable con ropa interior y no ha demostrado, en nuestra experiencia, secuelas dolorosas por el apoyo en decúbito lateral. De manera global, la disección del colgajo es rápida y el diámetro vascular del pedículo es importante, generalmente en el rango de 2,5-3,5 mm, si lo comparamos con la mayor parte de colgajos. El tamaño habitual de la perforante, unido al tamaño que presenta habitualmente en el tejido subcutáneo, hace muy probable que la cantidad de piel transferible sea considerable. Con toda probabilidad, por los estudios realizados por otros autores^{183,272}, islas cutáneas de 15x10 cm son transferibles con seguridad. Colgajos de reducido tamaño pueden, decididamente, ser diseñados en cualquier dirección. Sin embargo, islas de mayor tamaño deberían diseñarse sobre el eje que une el trocánter mayor y el pliegue glúteo por cuanto es regularmente la dirección de la perforante en el tejido subcutáneo. La lesión del tronco principal del nervio circunflejo femoral lateral es extremadamente improbable porque la zona de disección quirúrgica se encuentra alejada de la “zona de peligro” en la región anterior del muslo donde invariablemente se encuentran ramas mayores del nervio cutáneo femoral lateral²⁷⁹⁻²⁸¹. Consecuentemente, la aparición de meralgia parestésica es poco probable.

Como colgajo pediculado, el colgajo superolateral de muslo podría compartir las mismas indicaciones del colgajo pediculado de *TFL* en la reconstrucción de defectos inguinales, abdominales bajos, trocantéreos y del resto de región superior de muslo. Su mayor utilidad, sin embargo, podría venir en la transferencia tisular microquirúrgica de manera similar, pero más ventajosa que el colgajo de perforante de *TFL* porque no lesiona el músculo *TFL* y permite que éste sea incluido en la transferencia con su propio eje vascular. En mujeres con regiones trocantéreas prominentes podría ser una buena alternativa en la reconstrucción mamaria microquirúrgica cuando la región abdominal, por el motivo que fuere, no esté disponible para la reconstrucción. Como transferencia cutánea microquirúrgica aislada, el colgajo superolateral de muslo presenta la gran limitación del cierre directo de la zona donante que, en muchos pacientes, podría no ser posible en transferencias con una anchura mayor de 6-8 cm. El nervio cutáneo femoral lateral da ramas que cursan en dirección posteroinferior (ramas glúteas) y ramas que cursan verticalmente hacia la rodilla (ramas

femorales)^{78,282}. Por tanto, tanto el diseño longitudinal como el trocantéreo podrían, probablemente, incluir ramos sensitivos que permitan la resensibilización del colgajo. No obstante ninguno de los colgajos incluidos en esta serie fue resensibilizado, por lo que esta posibilidad, aunque probable siguiendo la lógica de la cirugía de colgajos, no puede ser apoyada con datos de esta investigación.

La gran fortaleza de las transferencias basadas en la *ACFL/A* podría venir de su capacidad en la transferencia tisular compuesta. La presencia de la rama cutánea terminal de *ACFL/A* aporta gran seguridad en la transferencia cutánea además optimizar la asociación del *TFL* en la transferencia. En un número sustancial de casos, pero todavía pendiente de definición, la *ACFL/A* podría soportar la transferencia vascularizada de una porción independiente de cresta ilíaca anterosuperior. En el resto de casos, si se desea incluir cresta ilíaca en la transferencia, sería preciso asociar un pedículo muscular de *TFL* o glúteo medio. Desgraciadamente la angiotomografía no ha demostrado, en manos del autor, poder evaluar adecuadamente la presencia de esta rama ósea en el paciente concreto. Quedaría, por consiguiente, la exploración intraoperatoria como única forma de evaluar clínicamente la presencia o no de ramas óseas de la *ACFL/A*. Indudablemente, la importancia potencial de los hallazgos de este estudio justifican la realización de nuevas investigaciones en la zona.

LA ANGIOTOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA EN LA EVALUACIÓN PREOPERATORIA DE LAS PERFORANTES

Beneficios

La implantación de la **angiotomografía computarizada** en la evaluación preoperatoria de los colgajos de perforante es imparable porque, entre las técnicas avanzadas capaces de realizar un análisis angiográfico sin inyección intraarterial, sólo la angiotomografía ha demostrado mejorar los resultados quirúrgicos en comparación con otras técnicas de imagen^{231,283-285}. La *ATC* ha demostrado mejorar los resultados quirúrgicos gracias a que permite seleccionar

con precisión las perforantes más adecuadas y así maximizar la vascularización del colgajo a la vez que minimizar la disección y daño musculares^{255,286}. Existen múltiples características de las perforantes individuales que pueden suponer un beneficio quirúrgico potencial. En primer lugar, el diámetro de las perforantes ha demostrado tener una influencia importante en la supervivencia del colgajo. Por ello son deseables perforantes de un diámetro mayor de 1-1,5 mm para mejorar la viabilidad del colgajo^{221,287-289}. Al seleccionar perforantes mayores disminuye el riesgo de la pérdida del colgajo, la necrosis parcial o la necrosis grasa^{231,285,290,291}. En los colgajos abdominales de perforante, además, la minimización de la disección intramuscular ha sido asociada con una disminución franca en la morbilidad y debilidad de la pared abdominal^{292,293}. La ATC preoperatoria ha demostrado un beneficio económico y una favorable relación coste/eficiencia en la cirugía de colgajos de perforante. Según Rozen y col²⁸⁵, Smit y col²³¹ y Uppal y col²⁹¹, entre otros, el uso preoperatorio de la ATC disminuye los tiempos quirúrgicos además de disminuir el tiempo de estancia postoperatoria de los pacientes^{285,294}. Un beneficio adicional percibido es que el conocimiento preoperatorio de los detalles anatómicos de la perforante concreta disminuye el estrés del cirujano en el procedimiento quirúrgico. Rozen²⁹⁵, en el año 2009 en un estudio de costes sobre la técnica, refiere un ahorro por paciente de 3.410\$US con el uso preoperatorio de la ATC en la reconstrucción mamaria microquirúrgica con colgajos abdominales (derivado fundamentalmente de los gastos quirúrgicos). La ATC se ha convertido progresivamente en la técnica de imagen preoperatoria de referencia en la reconstrucción mamaria microquirúrgica con colgajos abdominales^{231,245,283-285,296-300} pero ha sido también utilizada como herramienta efectiva no invasiva en el mapeo de la vascularización de diversas regiones corporales^{141,301,302}. Es una técnica fácilmente disponible, extremadamente rápida y presenta una baja variabilidad interobservador. Tanto estudios en cadáver como clínicos han evidenciado la exactitud de la ATC y demostrado una sensibilidad y valor predictivo positivo por encima del 99%²⁴⁵. Estudios de resultados en cohortes pareadas han mostrado una mejoría en los tiempos operatorios, complicaciones relacionadas con los colgajos y morbilidad relacionada con la zona donante^{231,285,291}.

Riesgos

Una encuesta realizada en 2003 afirma que se realizan más de 93 millones de TC anualmente, lo que corresponde a una frecuencia de 16 exámenes por cada 1000 habitantes³⁰³. La TC ha recibido una especial atención por su relativamente alta dosis de radiación por estudio. Aunque sólo supone cerca del 17% de todos los estudios médicos de imagen realizados, la TC produce aproximadamente la mitad de la radiación poblacional con fines médicos³⁰⁴⁻³⁰⁶. La percepción general es que existe el riesgo de cáncer asociado a la TC³⁰⁷ pero existen pocos estudios que lo hayan evaluado con rigor³⁰⁸. La FDA establece que un estudio de tomografía computarizada de 10 mSv puede estar asociado a un aumento en la posibilidad de cáncer de aproximadamente 1 de cada 2000 casos, aunque todavía existen dudas sobre cómo este riesgo se ve condicionado por la edad del paciente, su sexo o el protocolo de adquisición¹¹⁸. En especial, parece que la población infantil es motivo de una específica preocupación^{257,259}. En este escenario parece imprescindible la correcta indicación de los estudios de TC además de la minimización de los riesgos mediante la mejoría tecnológica de los nuevos escáneres y la optimización de los protocolos de adquisición de las imágenes. Diversos grupos de trabajo han realizado protocolos de adquisición encaminados a la mínima administración de radiación que permita un estudio con la calidad suficiente (**ALARA**, *as low as reasonably available*)³⁰⁹⁻³¹¹. Es discutible el uso de la ATC en la planificación preoperatoria de los colgajos de perforante, pero parece existir evidencia de sus grandes beneficios³¹². Existen diferencias sustanciales de procedimiento entre la angiotomografía computarizada aplicada a la evaluación de perforantes y el resto de estudios. Sin embargo, hay pocas publicaciones que hayan evaluado estos parámetros para una visualización óptima de las perforantes con la mínima radiación según el concepto ALARA. Phillips y col²⁵⁵ y Rozen y col^{256,313}, del grupo de Melbourne, han trabajado intensamente los detalles técnicos en un área de emergente interés entre radiólogos y cirujanos involucrados. Con el objeto de minimizar los riesgos y optimizar la técnica, en un artículo reciente, Rozen y col²⁹⁰ proponen: 1) un escaneado optimizado para la fase arterial que sea realizado justo tras la llegada del bolo de contraste al pedículo vascular de estudio

(habitualmente mediante el uso de la técnica *bolus tracking*), 2) escanear sólo los tejidos incluidos en el campo operatorio y 3) escanear el paciente en la dirección de relleno vascular (p.e, caudocraneal para vasos como la arteria epigástrica inferior profunda o la arteria circunfleja ilíaca profunda).

Alternativas

La **angiorresonancia magnética** es la técnica de imagen no invasiva con la que comparar la ATC. La resonancia magnética sin contraste intravenoso ha sido utilizada en la detección espacial de perforantes sin buenos resultados³¹⁴, aunque estudios más recientes han sugerido que pudiera haber una utilidad mayor de la técnica mediante el ajuste de los protocolos de adquisición³¹⁵. Pese al uso de contraste para una mejor visualización, la angiorresonancia no ha demostrado una mejoría en los resultados pero, aunque algunos autores no encuentran beneficio de la técnica²⁴⁴, otros sugieren un posible papel de la angiorresonancia en la localización de perforantes³¹⁶⁻³¹⁸. El principal beneficio de la angiorresonancia es su ausencia de exposición a la radiación. Aunque ciertamente existe una menor variabilidad interobservador, el coste y disponibilidad de la técnica son factores limitantes al igual que la resolución actual de la técnica en comparación con la ATC.

Información que la angiotomografía aporta sobre las perforantes

A pesar de que numerosas publicaciones hablan de los beneficios de la angiotomografía en relación a los colgajos de perforante, ninguna recoge, de manera explícita, qué datos específicos puede aportar la técnica relativos a la planificación preoperatoria de los colgajos de perforante. Previamente a la realización de esta tesis doctoral, el autor ha tenido la oportunidad de utilizar la ATC aplicada al tallado de colgajos de perforante en diversas regiones corporales en 140 pacientes a lo largo de los últimos años^{319,320} (**Tab. 18**).

DESCRIPCIÓN DEL COLGAJO*	NÚMERO DE ESTUDIOS DE ATC PREOPERATORIOS PROCESADOS POR EL AUTOR
Anterolateral de muslo	64
DIEP	32
SIEA	4
SGAP	2
TDAP	12
Regional de miembro inferior	25
De perforante lumbar	1
Total	140

Tabla 18. Angiotomografía. Experiencia previa del autor

Por ello, en base a la revisión bibliográfica y a la experiencia personal, el autor ha revisado qué datos concretos puede la ATC aportar en la planificación preoperatoria de la cirugía de colgajos de perforante (**Fig. 60 a 64**) (**Tab. 18**):

1. Detección de **posibles alteraciones** (malformaciones, obstrucciones) de los vasos distales que puedan contraindicar la cirugía. Un ejemplo sería la obstrucción distal de la arteria femoral superficial^{145,166,321}
2. **Selección de la perforante más adecuada** en función de su situación, calibre, longitud de pedículo asociada... Aunque no evaluado formalmente, el grado de correlación entre los estudios de imagen y la disección intraoperatoria fue muy elevada tal y como Rozen y col^{245,322} han confirmado en la literatura.
3. Evaluación del **pedículo vascular** principal desde la emergencia de la perforante en el tejido subcutáneo hasta el vaso nutriente. La técnica permite determinar su longitud, recorrido, diámetro aproximado y relaciones con estructuras adyacentes.
4. Evaluación de **ramas colaterales**, que permite la planificación de colgajos compuestos con fiabilidad.
5. Evaluación de las **venas satélites**, en número y tamaño, anticipa la posible necesidad de microsuturas venosas adicionales.

* Aunque indeseable desde el punto de vista lingüístico, una parte importante de los colgajo de perforante se describen habitualmente por sus siglas inglesas. Esta denominación, por ser la habitual en la práctica en nuestro país, será la utilizada en esta tesis doctoral. Así, DIEP (*deep inferior epigastric perforator*) es el colgajo de perforante de la arteria epigástrica inferior profunda. SGAP (*superior gluteal artery perforator*), describe el colgajo de perforante de la arteria glútea superior. SIEA (*superficial inferior epigastric artery*) es el colgajo basado en la arteria epigástrica inferior superficial. ALT (*anterolateral thigh*) es el colgajo de perforante anterolateral de muslo. TDAP (*thoracodorsal artery perforator*) es el colgajo de perforante toracodorsal

6. **Diseño optimizado del colgajo.** La dirección de la perforante en el tejido subcutáneo define el eje de diseño del colgajo. La técnica permite la identificación de perforantes adyacentes y la captura, por consiguiente, de sus perforasomas. La evitación de necrosis grasas o cutáneas parciales está asegurada.
7. El conocimiento de la disposición predominante suprafascial o subdérmica de la perforante permite abordar los **procesos de adelgazamiento o desepidermización** del colgajo con seguridad.
8. Aunque no realizado por el autor, es posible evaluar el calibre y posible lesión arterial (aterosclerosis, pseudoaneurismas) tanto traumática como degenerativa que pueda condicionar (o incluso contraindicar) la transferencia microquirúrgica.

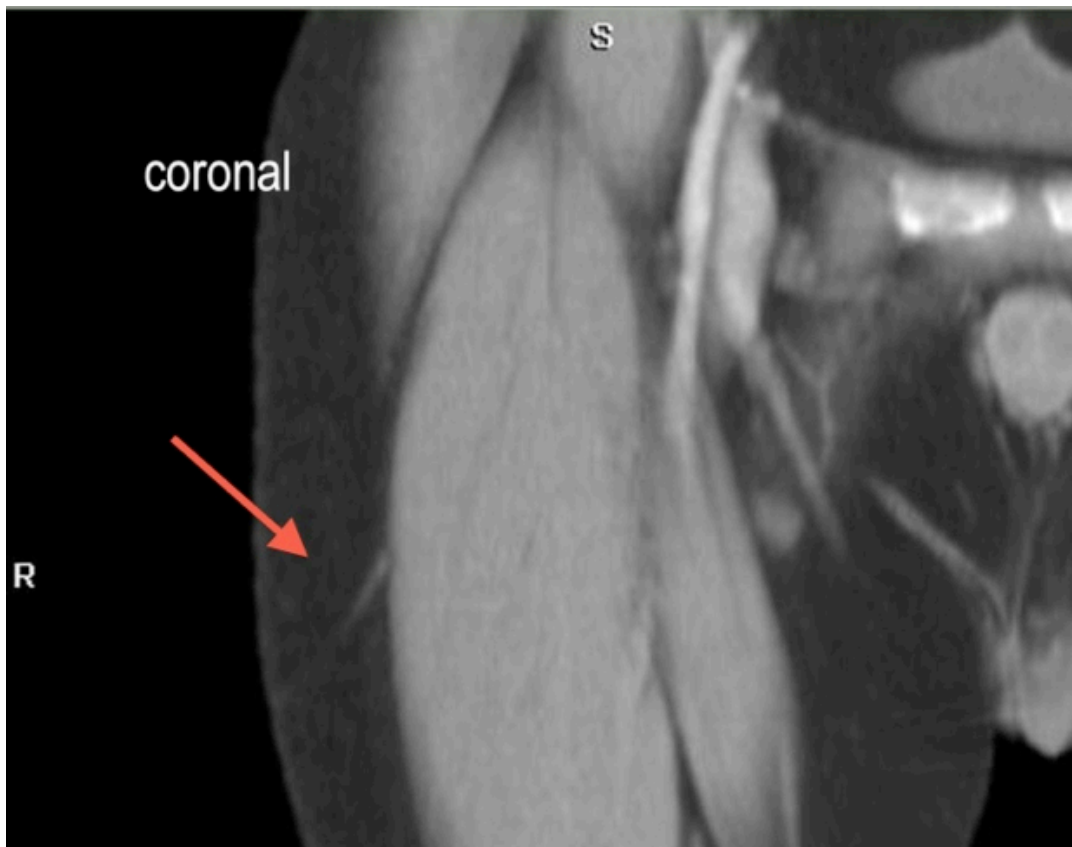


Figura 60. Perforante de ACFL/D
 Imagen coronal (modo 2D MPR ortogonal) de perforante de la rama descendente de la arteria circunfleja femoral lateral. (Imagen original del autor, reproducida de ref. ³²⁰)

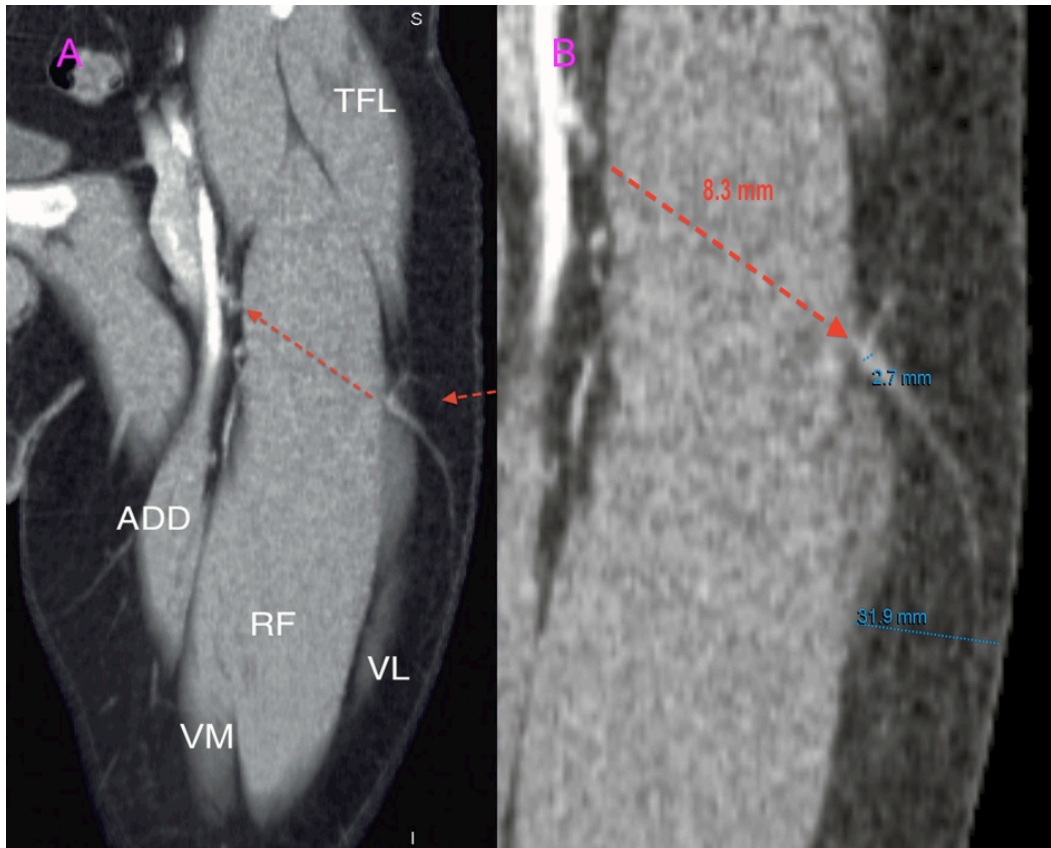


Figura 61. Mediciones en OsiriX.

La angiotomografía permite elegir la perforante más favorable. La longitud del pedículo, el diámetro aproximado de la perforante, el grosor del colgajo, entre otras, son algunas de las mediciones útiles. (Imagen original del autor, reproducida de ref. ³²⁰)

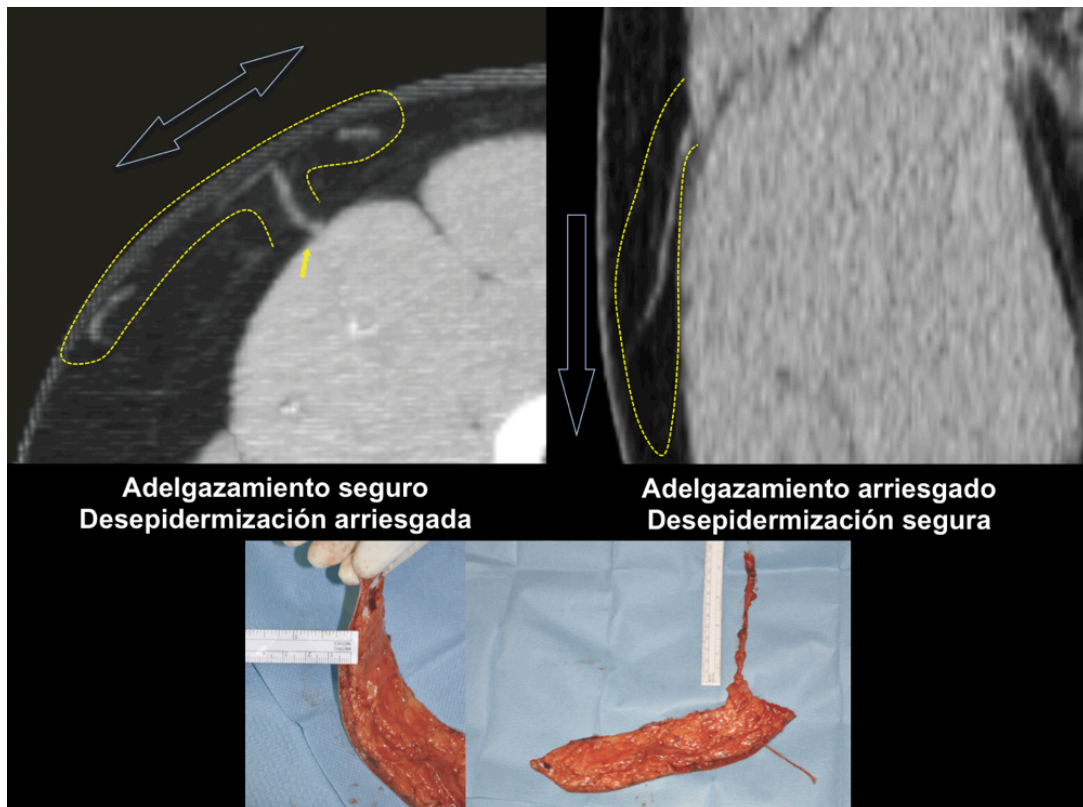


Figura 62. Refinamientos intraoperatorios.

La distribución de la perforante en el tejido subcutáneo permite realizar con confianza (o no realizar) el adelgazamiento o desepidermización inmediatas del colgajo. (Imagen original del autor, reproducida de ref. ³²⁰)



Figura 63. Intensidad Máxima de Proyección.

El modo MIP (proyección de máxima intensidad) permite, en algunas regiones, visualizar perforante y pedículo excelentemente, tomar mediciones y evaluar el retorno venoso. (Imagen original del autor, reproducida de ref. 320)

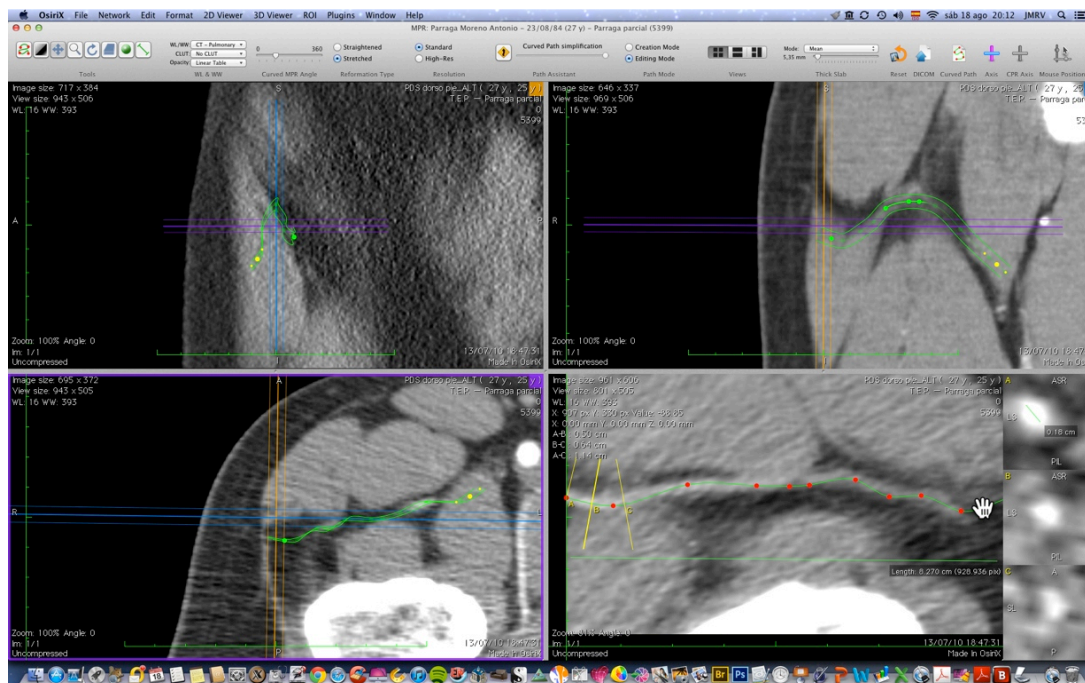


Figura 64. Modo 3D MPR curvo.

El modo 3D MPR curvo permite evaluar el recorrido del pedículo, sus ramas y, de manera aproximada, la su longitud y diámetro. (Imagen original del autor, reproducida de ref. 320)

DATO	BENEFICIO QUIRÚRGICO
Relativos al vaso nutriente	
– Detección de anomalías u obstrucciones	Descartar lesiones vasculares que puedan contraindicar la cirugía
Relativos a la perforante	
– Detección de la perforante de mayor calibre o mejor situación	Islas cutáneas más grandes, seguras y con menor riesgo de necrosis grasa o cutáneas parciales
– Recorrido intramuscular o septocutáneo	Facilidad de disección, morbilidad muscular
Relativos al pedículo	
– Longitud del pedículo	Evitación de injertos venosos por longitud insuficiente de pedículo
Relación con estructuras adyacente	
– Ramas colaterales (aplicable a transferencias compuestas)	Racionalización de las transferencias compuestas
Diámetro del pedículo en zona de anastomosis	Anticipación de dificultad microquirúrgica
Número y diámetro de las venas satélites	Anticipación de problemas de retorno y de necesidad de suturas venosas adicionales
Relativos a la distribución de la perforante en tejido subcutáneo	Adelgazamiento y desepidermización intraoperatorias del colgajo seguras. Diseño del colgajo siguiendo el eje de la perforante en la grasa subcutánea

Tabla 19. Angiotomografía y colgajos de perforante

La angiotomografía multidetector: ¿cuántos detectores son suficientes?

La innovación tecnológica relativa a los tomógrafos no parece tener límite, con el desarrollo de los recientes 320 cortes como más reciente aportación. El aumento en el número de canales (4, 8, 16, 32, 64, 256...) consiguen menores tiempos de adquisición, un menor artefacto derivado del movimiento e imágenes de mejor resolución y calidad³²³⁻³²⁶. En el presente estudio fue utilizado un tomógrafo de 4

cortes, que era el estándar en el año 2000. Aun pudiendo ser considerado “obsoleto”, el tomógrafo permitió una visualización muy adecuada de las perforantes. Este estudio, por tanto, confirma que cualquier tomógrafo disponible en la actualidad en nuestro entorno es suficientemente eficiente en la evaluación preoperatoria de los colgajos de perforante.

El cirujano y el post-procesamiento de imágenes

Un adecuado post-procesamiento de las imágenes DICOM obtenidas es tan importante como la calidad técnica en el rendimiento final del estudio y dos parámetros influyen en él directamente: calidad de la aplicación y conocimientos del informador. Aunque la interpretación de las imágenes obtenidas mediante la ATC es bastante intuitiva, las aplicaciones destinadas al procesamiento de las imágenes DICOM son cada día más eficientes pero, también, más complejas. Al igual que ocurre con las aplicaciones fotográficas (p.e. *Photoshop*) el manejo de las aplicaciones DICOM no son intuitivas y se requiere un alto grado de conocimiento si se desea obtener de ellas el máximo rendimiento. Indudablemente el especialista en radiodiagnóstico es quien mejor sabe y puede interpretar las imágenes de angiotomografía. Pero es el cirujano quien mejor sabe y puede interpretar su aplicación quirúrgica. Por ello, es obvia la necesidad de aproximar ambas especialidades médicas a fin de optimizar el rendimiento de las pruebas de imagen. La presencia de publicaciones científicas como *Journal of Surgical Radiology*, *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery* o *Surgical and Radiologic Anatomy* parecen confirmar el deseo de la comunidad científica relacionada al respecto.

Esta tesis doctoral está fundamentalmente basada en el estudio anatómico de una zona específica del cuerpo humano pero asocia un estudio probablemente igual de interesante por cuanto, al igual que otros autores, considera el post-procesamiento de imágenes DICOM como un área de trabajo a incorporar rutinariamente en la actividad del cirujano. En el momento actual, sin embargo, dos son los problemas relacionados:

- △ **Disponibilidad de estaciones de trabajo dedicadas.** El número de estaciones de trabajo para el post-análisis de imágenes DICOM es, a la vista de lo

publicado, limitado en la práctica totalidad de los hospitales del mundo. Por ello, su utilización es eminentemente asistencial y realizada por médicos radiólogos. El uso de las estaciones de trabajo para el cirujano está, por consiguiente, muy restringido. Por lo que el autor ha podido investigar de manera extensiva, las aplicaciones profesionales dedicadas para el post-análisis de imágenes DICOM no están disponibles para el uso individual... ¡salvo que el cirujano compre un tomógrafo!. En espera de que, de alguna manera, las aplicaciones formalmente profesionales estén accesible al usuario individual, OsiriX rellena muy adecuadamente esta laguna y, con más de 50 referencias en PubMed* en los últimos cinco años, parece que va por buen camino. No obstante, OsiriX, salvo en su versión no gratuita OsiriX MD, no ha sido aprobada en Europa o Estados Unidos para su uso clínico y este hecho puede tener implicaciones éticas y legales³²⁷. A pesar de que la aplicación, salvo en la versión MD, no disponga todavía de la oportuna validación FDA/CE-1 para su uso clínico, la realidad es que su utilización está aumentando considerablemente entre especialistas de diversas especialidades quirúrgicas. A pesar de las implicaciones éticas y legales derivadas, parece razonable suponer que el uso juicioso y responsable de la aplicación, unido a la extensa experiencia de médicos de todo el mundo, hacen que la técnica sea segura para los pacientes.

Δ Formación y capacitación. Aunque el beneficio de la utilización del software de post-procesamiento para mejorar el estudio preoperatorio de la anatomía del paciente es indiscutible, la adecuada formación en el post-procesamiento de las imágenes es fundamental por cuanto el uso deficiente de estas herramientas puede ser causa de información errónea y generar error en el manejo de los pacientes.

OsiriX: curva de aprendizaje

Existen mucha literatura médica relacionada, por lo tanto, con el uso de OsiriX. Sin embargo, ninguna publicación se ha dirigido específicamente a evaluar su utilización en manos de cirujanos especialistas frente al estándar de utilización, el médico radiólogo. El modo en cómo afrontó el autor la utilización de esta nueva herramienta puede, por consiguiente, ser de interés. En una **primera fase** se procesaron diversos estudios de ATC disponibles en el sitio web de OsiriX. El aprendizaje, en esta fase, tuvo dos aspectos:

* PubMed es un motor de búsqueda de libre acceso a la base de datos MEDLINE de citas y resúmenes de artículos de investigación biomédica. Ofrecido por la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos como parte de Entrez. MEDLINE tiene alrededor de 4.800 revistas publicadas en Estados Unidos y en más de 70 países de todo el mundo desde 1966 hasta la actualidad. En la actualidad, es uno de los motores de búsqueda más utilizados por la comunidad médica en la mayoría de países.

- △ **Aprendizaje del uso de la aplicación.** Durante esta fase, además del manual de usuario, la participación en el foro *tech.groups.yahoo.com/group/osirix/* fue de gran utilidad. Este foro, profesional y específicamente destinado a usuarios de OsiriX, está moderado por Rosset, radiólogo y creador de la aplicación. El uso de atlas de cortes anatómicos de Moeller y Reof³²⁸ facilitó la interpretación de las imágenes y pudo considerarse fundamental. El atlas de anatomía radiológicos RAAViewer²⁷⁵ fue igualmente extremadamente útil en el período de aprendizaje.
- △ **Aprendizaje básico teórico y aplicado** del uso de los puntos de interés ROI y de los diversos modos de visualización utilizados en la cirugía de colgajos de perforante: 2D MPR ortogonal, 3D MPR, 3D MPR curvo y 3D VR. Para ello, además de las fuentes descritas, se consideró obligada la tutoría por un/a radiólogo/a con interés específico en la ATC.

En una **segunda fase** se solicitó ya ATC de pacientes concretos como modo de estudio preoperatorio. Inicialmente los estudios fueron evaluados conjuntamente por el autor de esta tesis y un especialista en Radiología. Igualmente se evaluaron las posibilidades aplicadas al terreno de los colgajos de perforante de los diversos plugin disponibles para OsiriX. En esta fase, ya con aplicación clínica de los estudios, se evaluó la correlación entre la ATC y los hallazgos intraoperatorios. De manera similar a Rozen y col^{290,322}, aunque no publicada, pudo encontrarse una excelente correlación entre los datos obtenidos preoperatoriamente y los hallazgos durante los procedimientos quirúrgicos. Finalmente, el autor, considerada ya terminada su fase de aprendizaje, comenzó a utilizar la aplicación sin supervisión.

Con la formación descrita, el autor ha conseguido obtener importante información aplicada de los estudios que, aunque no específicamente evaluada, sí ha demostrado ser beneficiosa para los pacientes. En la experiencia del autor, la evaluación preoperatoria con ATC de los colgajos de perforante ha permitido:

- △ Minimizar las secuelas en la zona donante del colgajo: heridas quirúrgicas menores, disecciones más limitadas, cicatrices en zonas menos conspicuas.
- △ Mejorar la calidad de la reconstrucción con la evitación completa de necrosis grasa o cutáneas parciales. Las reconstrucción se pueden refinar notablemente más que sin la ayuda de la técnica (adelgazamiento intraoperatorio).
- △ Disminuir los tiempos operatorios

- △ Realizar colgajos de estilo libre (*freestyle*) y compuestos basados en perforante.
- △ Disminuir el estrés quirúrgico.

VIII CONCLUSIONES

Dadme lo escrito por cualquiera y os aseguro que, aislando una frase del contexto, soy capaz de enviarlo al patíbulo
J. Fouché, ministro de Policía de Napoleón

1. La rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral, durante su curso, da ramas a los músculos tensor de la fascia lata y glúteos mediano y menor. Además de la vascularización de la cresta ilíaca a través de las inserciones de estos músculos, en un número sustancial pero no definido de casos, la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral emite ramas que alcanzan la cresta ilíaca directamente sin presentar recorrido intramuscular. Estas ramas sustentarían la transferencia de cresta ilíaca vascularizada sin necesidad de incorporar pedículos musculares que la soporten. De confirmarse en futuras investigaciones, el hallazgo sería especialmente relevante en la utilidad de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral en la transferencia microquirúrgica compuesta osteo-cutánea y osteo-musculo-cutánea.

2. Existe en el muslo un triángulo anatómico (triángulo pretrocantéreo) definido por los siguientes límites:

- (1) Anterior, el músculo tensor de la fascia lata
- (2) Posterosuperior, las inserciones trocantéreas de los músculos glúteos medio y menor
- (3) Posteroinferior, la inserción trocantérea del músculo vasto lateral
- (4) Posterior, el trocánter mayor

A través de este triángulo, la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral termina como una rama cutánea que participa, como rama directa y de manera relevante, en la vascularización de la piel de la región superolateral del muslo y región trocantérea. Tras perforar la fascia profunda, la rama cutánea terminal de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral discurre en dirección posterior y, habitualmente caudal. Por ello, el territorio cutáneo dependiente de la perforante se distribuye en esta dirección (región trocantérea).

- 3.** Las circunstancias definidas en el punto previo confieren al eje predecibilidad anatómica y gran potencial en la cirugía de colgajos de perforante, confirmadas ambas mediante su aplicación clínica en una serie de cuatro pacientes.
- 4.** La rama ascendente del eje vascular circunflejo femoral lateral ha demostrado una gran regularidad en su anatomía, no encontrándose diferencias sustanciales con las descripciones anatómicas previas.
- 5.** De manera constante y regular, la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral vasculariza la piel superolateral del muslo y el músculo tensor de la fascia y, de modo menos predecible, la porción anterosuperior de la cresta ilíaca. Ambas circunstancias confirman la utilidad de la rama ascendente del eje circunflejo femoral lateral en la transferencia tisular compuesta vascularizada
- 6.** La angiotomografía computarizada permite la evaluación preoperatoria de los colgajos basados en perforantes de la rama ascendente de la arteria circunfleja femoral lateral y ha demostrado ser fuente de valiosa información quirúrgica y preoperatoria. La técnica permite la evaluación de:
 - (1) Posibles obstrucciones de vasos mayores que puedan contraindicar la realización de algunos colgajos determinados basados en arterias que intervengan en posibles vías vasculares de seguridad alternativas.
 - (2) La mejor o más adecuada perforante para los requisitos reconstructivos en el paciente concreto.
 - (3) El recorrido del pedículo, de manera que pueden ser evaluados posibles pedículos asociados si fuera preciso un colgajo compuesto. Además, es posible evaluar con una precisión razonable la longitud del pedículo y su diámetro en el punto de anastomosis. Es igualmente posible analizar el número y calidad de las venas

concomitantes del pedículo que pueden condicionar la necesidad de drenajes venosos adicionales.

- (4) El recorrido de la perforante en el tejido subcutáneo, que permite afrontar con seguridad el diseño del colgajo y refinamientos quirúrgicos intraoperatorios (adelgazamiento y desepidermización).

- 7. La aplicación Osirix, gratuita en su versión 32-bit y económicamente accesible en su versiones 64-bit, permite adecuadamente el post-procesamiento de imágenes relacionadas con los colgajos de perforante.
- 8. Tras el oportuno período de aprendizaje, el cirujano, mediante la aplicación OsiriX, puede evaluar de manera eficiente diversos parámetros y estructuras de gran relevancia en la planificación preoperatoria y ejecución quirúrgica de los colgajos de perforante. Por consiguiente, parece aconsejable que los cirujanos relacionados con la reconstrucción tisular con colgajos de perforante adopten el post-procesamiento de las imágenes de angiotomografía en su práctica clínica habitual relacionada.

BIBLIOGRAFÍA

He hecho un curso de lectura veloz y he leído Guerra y Paz en veinte minutos.

Habla de Rusia

Woody Allen

1. Hallock GG. The complete nomenclature for combined perforator flaps. *Plast Reconstr Surg* 2011;127(4): 1720-1729.
2. Hallock GG. Further clarification of the nomenclature for compound flaps. *Plast Reconstr Surg* 2006;117(7): 151e-160e.
3. Hallock GG. Simplified nomenclature for compound flaps. *Plast Reconstr Surg* 2000;105(4): 1465-1470; quiz 1471-1462.
4. Geddes CR, Morris SF, Neligan PC. Perforator flaps: evolution, classification, and applications. *Ann Plast Surg* 2003;50(1): 90-99.
5. Blondeel PN. Perforator Flaps: Anatomy, Technique & Clinical applications. St. Louis. Missouri: Quality Medical Publishing; 2006.
6. Hallock GG. Direct and indirect perforator flaps: the history and the controversy. *Plast Reconstr Surg* 2003;111(2): 855-865; quiz 866.
7. Pearl RM, Johnson D. The vascular supply to the skin: an anatomical and physiological reappraisal--Part I. *Ann Plast Surg* 1983;11(2): 99-105.
8. Pearl RM, Johnson D. The vascular supply to the skin: an anatomical and physiological reappraisal--Part II. *Ann Plast Surg* 1983;11(3): 196-205.
9. McGregor IA, Morgan G. Axial and random pattern flaps. *Br J Plast Surg* 1973;26(3): 202-213.
10. McGregor IA, Jackson IT. The groin flap. *Br J Plast Surg* 1972;25(1): 3-16.
11. Bakamjian VY. Total reconstruction of pharynx with medially based deltopectoral skin flap. *N Y State J Med* 1968;68(21): 2771-2778.
12. Manhot C. The cutaneous arteries of the human body. Leipzig: Springer-Verlag; 1983.
13. Manhot C. Die Hautarterien des Menschlichen Körpers. Leipzig: FCW Vogel; 1889.
14. Ger R. The operative treatment of the advanced stasis ulcer. A preliminary communication. *Am J Surg* 1966;111(5): 659-663.
15. Orticochea M. The musculo-cutaneous flap method: an immediate and heroic substitute for the method of delay. *Br J Plast Surg* 1972;25(2): 106-110.
16. Thorne C, Grabb WC, Smith JW, et al. Grabb and Smith's plastic surgery. Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
17. Cormack GC, Lamberty BGH. The arterial anatomy of skin flaps. Edinburgh: Churchill Livingstone London; 1994.
18. Kunert P. Structure and construction: the system of skin flaps. *Ann Plast Surg* 1991;27(6): 509-516; discussion 517-508.
19. Wei FC, Mardini S. Flaps and Reconstructive Surgery. Elsevier Health Sciences; 2009.
20. Milton SH. Pedicled skin-flaps: the fallacy of the length: width ratio. *Br J Surg* 1970;57(7): 502-508.
21. Pontén B. The fasciocutaneous flap: its use in soft tissue defects of the lower leg. *Br J Plast Surg* 1981;34(2): 215-220.

22. Haertsch P. The surgical plane in the leg. *Br J Plast Surg* 1981;34(4): 464-469.
23. Barclay TL, Cardoso E, Sharpe DT, et al. Repair of lower leg injuries with fascio-cutaneous flaps. *Br J Plast Surg* 1982;35(2): 127-132.
24. Nakajima H, Fujino T, Adachi S. A new concept of vascular supply to the skin and classification of skin flaps according to their vascularization. *Ann Plast Surg* 1986;16(1): 1.
25. Hallock GG. Why not indirect nonmuscle perforator flaps? *Plast Reconstr Surg* 2006;118(1): 121-124.
26. Salmon M, Taylor GI, Tempest MN. Arteries of the skin. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1988.
27. Salmon M. Artères de la peau. Paris: Masson et cie; 1936.
28. Taylor GI, Palmer JH. The vascular territories (angiosomes) of the body: experimental study and clinical applications. *Br J Plast Surg* 1987;40(2): 113-141.
29. Spalteholz W. Die Vertheilung der Blutgefäße in der Haut. *Arch Anat* 1893.
30. Setacci C, De Donato G, Setacci F, et al. Ischemic foot: definition, etiology and angiosome concept. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 2010;51(2): 223-231.
31. Iida O, Nanto S, Uematsu M, et al. Importance of the angiosome concept for endovascular therapy in patients with critical limb ischemia. *Catheter Cardiovasc Interv* 2010;75(6): 830-836.
32. Attinger C, Cooper P, Blume P, et al. The safest surgical incisions and amputations applying the angiosome principles and using the Doppler to assess the arterial-arterial connections of the foot and ankle. *Foot Ankle Clin N Am* 2001;6(4): 745.
33. Saint-Cyr M, Wong C, Schaverien M, et al. The perforasome theory: vascular anatomy and clinical implications. *Plast Reconstr Surg* 2009;124(5): 1529-1544.
34. Rozen WM, Ashton MW, Le Roux CM, et al. The perforator angiosome: a new concept in the design of deep inferior epigastric artery perforator flaps for breast reconstruction. *Microsurgery* 2010;30(1): 1-7.
35. Taylor GI, Corlett RJ, Dhar SC, et al. The anatomical (angiosome) and clinical territories of cutaneous perforating arteries: development of the concept and designing safe flaps. *Plast Reconstr Surg* 2011;127(4): 1447-1459.
36. Taylor GI, Palmer JH. 'Angiosome theory'. *Br J Plast Surg* 1992;45(4): 327-328.
37. Pan WR, Taylor GI. The angiosomes of the thigh and buttock. *Plast Reconstr Surg* 2009;123(1): 236-249.
38. Hunter J. THE CLASSIC: A Treatise on the Blood, Inflammation, and Gun-Shot Wounds. *Clin Orthop Relat Res* 2007;458: 27.
39. Geddes C, Tang M, Yang D, et al. Anatomy of the integument of the lower extremity. In: Quality Medical Publishing I, editor. Perforator flaps. Anatomy, Technique and Clinical Applications. St. Louis. Missouri: Quality Medical Publishing; 2006.
40. Morris SF, Tang M, Almutari K, et al. The anatomic basis of perforator flaps. *Clin Plast Surg* 2010;37(4): 553-570, xi.

41. Koshima I, Soeda S. Inferior epigastric artery skin flaps without rectus abdominis muscle. *Br J Plast Surg* 1989;42(6): 645-648.
42. Kroll SS, Rosenfield L. Perforator-based flaps for low posterior midline defects. *Plast Reconstr Surg* 1988;81(4): 561-566.
43. Blondeel PN, Van Landuyt KH, Monstrey SJ, et al. The "Gent" consensus on perforator flap terminology: preliminary definitions. *Plast Reconstr Surg* 2003;112(5): 1378-1383; quiz 1383, 1516; discussion 1384-1377.
44. Wei FC, Jain V, Suominen S, et al. Confusion among perforator flaps: what is a true perforator flap? *Plast Reconstr Surg* 2001;107(3): 874.
45. Kim JT. New nomenclature concept of perforator flap. *Br J Plast Surg* 2005;58(4): 431-440.
46. Sinna R, Boloorch A, Mahajan AL, et al. What should define a "perforator flap"? *Plast Reconstr Surg* 2010;126(6): 2258-2263.
47. Taylor GI, Rozen WM, Whitaker IS. Establishing a perforator flap nomenclature based on anatomical principles. *Plast Reconstr Surg* 2012;129(5): 877e-879e.
48. Gray H, Williams PL, Bannister LH. Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Medicine and Surgery. London: Churchill Livingstone; 1995.
49. Rozen WM, Chubb D, Stella DL, et al. Evaluating anatomical research in surgery: a prospective comparison of cadaveric and living anatomical studies of the abdominal wall. *ANZ J Surg* 2009;79(12): 913-917.
50. Paweletz N. Birth of the life sciences in The Netherlands and Belgium. *Nat Rev Mol Cell Biol* 2001;2(11): 857-863.
51. Bergeron L, Tang M, Morris SF. A review of vascular injection techniques for the study of perforator flaps. *Plast Reconstr Surg* 2006;117(6): 2050-2057.
52. Yokochi C, Rohen JW, Lütjen-Drecoll E. Atlas fotográfico de Anatomía del Cuerpo Humano. 3ª ed. Méjico: Interamericana. McGraw-Hill; 2007.
53. Thiel W. [The preservation of the whole corpse with natural color]. *Ann Anat* 1992;174(3): 185-195.
54. Thiel W. [An arterial substance for subsequent injection during the preservation of the whole corpse]. *Ann Anat* 1992;174(3): 197-200.
55. Thiel W. [Supplement to the conservation of an entire cadaver according to W. Thiel]. *Ann Anat* 2002;184(3): 267-269.
56. Wolff KD, Kesting M, Mucke T, et al. Thiel embalming technique: a valuable method for microvascular exercise and teaching of flap raising. *Microsurgery* 2008;28(4): 273-278.
57. Eisma R, Mahendran S, Majumdar S, et al. A comparison of Thiel and formalin embalmed cadavers for thyroid surgery training. *Surgeon* 2011;9(3): 142-146.
58. Hagens GV. Impregnation of soft biological specimens with thermosetting resins and elastomers. *Anat Rec* 1979;194(2): 247-255.
59. Spalteholz W, Hirsch C. Coronararterien und Herzmuskel: Anatomische und experimentelle untersuchungen. *Dtsch. Med. Wochenschr* 1907;1: 790.

60. Culling C. Spalteholz Technique. Handbook of Histopathological and 550 Histochemical Techniques. Michigan: Butterworth; 1974. p. 550-552.
61. Diener L. Intraosseous phlebography of the lower limb. Postmortem investigation of thrombotic venous disease. *Acta Radiol Diagn (Stockh)* 1971; Suppl 304:301-396.
62. Berberich J, Hirsch S. Die roenthenographische darstellung der arterinn and venun am lebenden. *Munchen Klin Wschr* 1923: 49.
63. Berberich J, Hirsch S. Die röntgenographische Darstellung der Arterien und Venen am lebenden Menschen. *J Mol Med* 1923;2(49): 2226-2228.
64. Trueta J, Harrison M. HM (1953): The Normal Vascular Anatomy of the Femoral Head in Adult Man. *J Bone Joint Surg Am*;35.
65. Rees MJ, Taylor GI. A simplified lead oxide cadaver injection technique. *Plast Reconstr Surg* 1986;77(1): 141-145.
66. Tang M, Geddes C, Yang D, et al. Modified lead oxide-gelatin injection technique for vascular studies. *J Clin Anat* 2002;1(1): 73-78.
67. Saint-Cyr M, Schaverien M, Arbique G, et al. Three- and four-dimensional computed tomographic angiography and venography for the investigation of the vascular anatomy and perfusion of perforator flaps. *Plast Reconstr Surg* 2008;121(3): 772-780.
68. Schaverien M, Saint-Cyr M, Arbique G, et al. Three- and four-dimensional computed tomographic angiography and venography of the anterolateral thigh perforator flap. *Plast Reconstr Surg* 2008;121(5): 1685-1696.
69. Schaverien M, Saint-Cyr M, Arbique G, et al. Three- and four-dimensional arterial and venous anatomies of the thoracodorsal artery perforator flap. *Plast Reconstr Surg* 2008;121(5): 1578-1587.
70. Wong C, Saint-Cyr M, Arbique G, et al. Three- and four-dimensional computed tomography angiographic studies of commonly used abdominal flaps in breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2009;124(1): 18-27.
71. Chan JW, Wong C, Ward K, et al. Three- and four-dimensional computed tomographic angiography studies of the supraclavicular artery island flap. *Plast Reconstr Surg* 2010;125(2): 525-531.
72. Wong C, Saint-Cyr M, Rasko Y, et al. Three- and four-dimensional arterial and venous perforasomes of the internal mammary artery perforator flap. *Plast Reconstr Surg* 2009;124(6): 1759-1769.
73. Wolbarst AB, Cook G. Physics Of Radiology. Medical Physics Pub.; 2005.
74. Strauch B, Vasconez LO, Hall-Findlay EJ, et al. Grabb's Encyclopedia of Flaps. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2008.
75. Primal Pictures 3D Human Anatomy Medical Software. Disponible en: www.primalpictures.com
76. Netter FH. Atlas de Anatomía Humana. 4ª ed. Barcelona: Elsevier Masson; 2007.
77. Gray, H. Anatomy of the Human Body. 1918. Disponible en: www.bartleby.com/107/

78. Rouvière H, Delmas A, Delmas V. Anatomía humana: Descriptiva, topográfica y funcional. Miembros. 11ª ed ed. Barcelona: Masson; 2005.
79. Wangenstein OH. Repair of recurrent and difficult hernias and other large defects of the abdominal wall employing the ilio-tibial tract of the fascia lata as a pedicled flap. *Surg Gyn Obst* 1934;59: 766.
80. Bailey BN. Excision of Hip Joint in Bed Sores In. London: Edward Arnold; 1967.
81. Hill HL, Hester R, Nahai F. Covering large groin defects with the tensor fascia lata musculocutaneous flap. *Br J Plast Surg* 1979;32(1): 12-14.
82. Nahai F, Hill L, Hester TR. Experiences with the tensor fascia lata flap. *Plast Reconstr Surg* 1979;63(6): 788-799.
83. Bostwick 3rd J, Hill HL, Nahai F. Repairs in the lower abdomen, groin, or perineum with myocutaneous or omental flaps. *Plast Reconstr Surg* 1979;63(2): 186.
84. McGregor J, Buchan A. Our clinical experience with the tensor fasciae latae myocutaneous flap. *Br J Plast Surg* 1980;33(2): 270-276.
85. McGregor JC, Buchan AC. The tensor fasciae latae flap and its use in the closure of trochanteric and ischial pressure sores. *Paraplegia* 1980;18(5): 301-305.
86. Williams JK, Carlson GW, deChalain T, et al. Role of tensor fasciae latae in abdominal wall reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 1998;101(3): 713-718.
87. Hill HL, Nahai F, Vasconez LO. The tensor fascia lata myocutaneous free flap. *Plast Reconstr Surg* 1978;61(4): 517-522.
88. Nahai F, Silverton JS, Hill HL, et al. The tensor fascia lata musculocutaneous flap. *Ann Plast Surg* 1978;1(4): 372-379.
89. Ihara K, Doi K, Shigetomi M, et al. Tensor fasciae latae flap: alternative donor as a functioning muscle transplantation. *Plast Reconstr Surg* 1997;100(7): 1812-1816.
90. Bulstrode NW, Kotronakis I, Baldwin MA. Free tensor fasciae latae musculofasciocutaneous flap in reconstructive surgery: a series of 85 cases. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2006;59(2): 130-136.
91. Deiler S, Pfadenhauer A, Widmann J, et al. Tensor fasciae latae perforator flap for reconstruction of composite Achilles tendon defects with skin and vascularized fascia. *Plast Reconstr Surg* 2000;106(2): 342-349.
92. Koshima I, Urushibara K, Inagawa K, et al. Free tensor fasciae latae perforator flap for the reconstruction of defects in the extremities. *Plast Reconstr Surg* 2001;107(7): 1759-1765.
93. Coskunfirat OK, Ozkan O. Free tensor fascia lata perforator flap as a backup procedure for head and neck reconstruction. *Ann Plast Surg* 2006;57(2): 159-163.
94. Ishida LH, Munhoz AM, Montag E, et al. Tensor fasciae latae perforator flap: minimizing donor-site morbidity in the treatment of trochanteric pressure sores. *Plast Reconstr Surg* 2005;116(5): 1346-1352.
95. Kimura N, Satoh K, Hosaka Y. Tensor fasciae latae perforator flap. *Clin Plast Surg* 2003;30(3): 439-446.

96. Kimura N. A microdissected thin tensor fasciae latae perforator flap. *Plast Reconstr Surg* 2001;109(1): 69-77; discussion 78-80.
97. Hubmer MG, Justich I, Haas FM, et al. Clinical experience with a tensor fasciae latae perforator flap based on septocutaneous perforators. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2011;64(6): 782-789.
98. Wood MB, Gilbert A. Microvascular Bone Reconstruction. London: Martin Dunitz Ltd; 1997.
99. Sumner-Smith G. Bone in Clinical Orthopedics. 2nd ed. New York: Thieme; 2002.
100. Yiming A, Baque P, Rahili A, et al. Anatomical study of the blood supply of the coxal bone: radiological and clinical application. *Surg Radiol Anat* 2002;24(2): 81-86.
101. Serafin D. Atlas of microsurgical composite tissue transplantation. Philadelphia: Saunders; 1996.
102. Netter Collection of Medical Illustrations. Disponible en: www.netterimages.com. Elsevier
103. Banwart JC, Asher MA, Hassanein RS. Iliac crest bone graft harvest donor site morbidity. A statistical evaluation. *Spine* 1995;20(9): 1055-1060.
104. Han CS, Wood MB, Bishop AT, et al. Vascularized bone transfer. *J Bone Joint Surg Am* 1992;74(10): 1441-1449.
105. Hua M, Zhengyin Y, Gongkang H. Blood supply of the anterior part of the iliac crest. *Acta Anat Sin* 1981: 04.
106. Finseth F, May JW, Jr., Smith RJ. Composite groin flap with iliac-bone flap for primary thumb reconstruction. Case report. *J Bone Joint Surg Am* 1976;58(1): 130-132.
107. Taylor G, Watson W. The free osteocutaneous groin flap. *Plast Reconstr Surg* 1978;61: 494.
108. Huang GK, Hu RQ, Miao H, et al. Microvascular free transfer of iliac bone based on the deep superior branches of the superior gluteal vessels. *Plast Reconstr Surg* 1985;75(1): 68-74.
109. Fuchs VR, Sox HC, Jr. Physicians' views of the relative importance of thirty medical innovations. *Health Aff (Millwood)* 2001;20(5): 30-42.
110. Hounsfield GN. Computerized transverse axial scanning (tomography): Part 1. Description of system. *Br J Radiol* 1973;46(552): 1016-1022.
111. Cormack AM. Recollections of my work with computer assisted tomography. *Mol Cell Biochem* 1980;32(2): 59-61.
112. Álvarez-Pedrosa CS, Gómez RC. Diagnóstico por imagen: Tratado de radiología clínica. McGraw-Hill Interamericana; 1997.
113. Brink JA. Technical aspects of helical (spiral) CT. *Radiol Clin North Am* 1995;33(5): 825-841.
114. Foley WD, Oneson SR. Helical CT: clinical performance and imaging strategies. *Radiographics* 1994;14(4): 894-904.
115. Foley WD, Karcaaltincaba M. Computed tomography angiography: principles and clinical applications. *J Comput Assist Tomogr* 2003;27 Suppl 1: S23-30.

116. Valentin J. The 2007 recommendations of the international commission on radiological protection. Elsevier; 2007.
117. Calzado A, Geleijns J. Tomografía computarizada. Evolución, principios técnicos y aplicaciones. *Rev Fis Med* 2010;11(3): 163-180.
118. Einstein AJ, Henzlova MJ, Rajagopalan S. Estimating risk of cancer associated with radiation exposure from 64-slice computed tomography coronary angiography. *JAMA* 2007;298(3): 317-323.
119. Berrington de Gonzalez A, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet* 2004;363(9406): 345-351.
120. Shiralkar S, Rennie A, Snow M, et al. Doctors' knowledge of radiation exposure: questionnaire study. *BMJ* 2003;327(7411): 371-372.
121. Lawton MP. Legal aspects of iatrogenic disorders: discussion paper. *JR Soc Med* 1983;76: 289-291.
122. de Brito CJ, Duque A. Cirurgia vascular: cirurgia endovascular, angiologia. REVINTER; 2002.
123. Kumamaru KK, Hoppel BE, Mather RT, et al. CT angiography: current technology and clinical use. *Radiol Clin North Am* 2010;48(2): 213-235, vii.
124. Bamberg F, Sommer WH, Hoffmann V, et al. Meta-analysis and systematic review of the long-term predictive value of assessment of coronary atherosclerosis by contrast-enhanced coronary computed tomography angiography. *J Am Coll Cardiol* 2011;57(24): 2426-2436.
125. Hulten EA, Carbonaro S, Petrillo SP, et al. Prognostic value of cardiac computed tomography angiography: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2011;57(10): 1237-1247.
126. von Ballmoos MW, Haring B, Juillerat P, et al. Meta-analysis: diagnostic performance of low-radiation-dose coronary computed tomography angiography. *Ann Intern Med* 2011;154(6): 413-420.
127. Winer-Muram HT, Rydberg J, Johnson MS, et al. Suspected acute pulmonary embolism: evaluation with multi-detector row CT versus digital subtraction pulmonary arteriography. *Radiology* 2004;233(3): 806-815.
128. Stein PD, Fowler SE, Goodman LR, et al. Multidetector computed tomography for acute pulmonary embolism. *N Engl J Med* 2006;354(22): 2317-2327.
129. Vasbinder GBC, Nelemans PJ, Kessels AGH, et al. Accuracy of computed tomographic angiography and magnetic resonance angiography for diagnosing renal artery stenosis. *Ann Intern Med* 2004;141(9): 674-682.
130. Yoshida S, Akiba H, Tamakawa M, et al. Thoracic involvement of type A aortic dissection and intramural hematoma: diagnostic accuracy--comparison of emergency helical CT and surgical findings. *Radiology* 2003;228(2): 430-435.
131. Hayter RG, Rhea JT, Small A, et al. Suspected aortic dissection and other aortic disorders: multi-detector row CT in 373 cases in the emergency setting. *Radiology* 2006;238(3): 841-852.
132. Kershenovich A, Rappaport ZH, Maimon S. Brain computed tomography angiographic scans as the sole diagnostic examination for excluding aneurysms in patients with perimesencephalic subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery* 2006;59(4): 798-801; discussion 801-792.

133. Silvennoinen HM, Ikonen S, Soinne L, et al. CT angiographic analysis of carotid artery stenosis: comparison of manual assessment, semiautomatic vessel analysis, and digital subtraction angiography. *Am J Neuroradiol* 2007;28(1): 97-103.
134. Sakamoto S, Kiura Y, Shibukawa M, et al. Subtracted 3D CT angiography for evaluation of internal carotid artery aneurysms: comparison with conventional digital subtraction angiography. *Am J Neuroradiol* 2006;27(6): 1332-1337.
135. Met R, Bipat S, Legemate DA, et al. Diagnostic performance of computed tomography angiography in peripheral arterial disease: a systematic review and meta-analysis. *JAMA* 2009;301(4): 415-424.
136. Cordeiro MA, Lima JA. Atherosclerotic plaque characterization by multidetector row computed tomography angiography. *J Am Coll Cardiol* 2006;47(8 Suppl): C40-47.
137. Laing CJ, Tobias T, Rosenblum DI, et al. Acute Gastrointestinal Bleeding: Emerging Role of Multidetector CT Angiography and Review of Current Imaging Techniques1. *Radiographics* 2007;27(4): 1055-1070.
138. Inaba K, Potzman J, Munera F, et al. Multi-slice CT angiography for arterial evaluation in the injured lower extremity. *J Trauma* 2006;60(3): 502-506; discussion 506-507.
139. Testut L, Latarjet A. Compendio de Anatomia Descriptiva. Barcelona: Salvat Editores; 2004.
140. Moore KL, Agur AMR, Pascual JLM, et al. Anatomía con orientación clínica. 5ª ed. México: Editorial Médica Panamericana; 2007.
141. Chow LC, Napoli A, Klein MB, et al. Vascular Mapping of the Leg with Multi-Detector Row CT Angiography prior to Free-Flap Transplantation1. *Radiology* 2005;237(1): 353-360.
142. Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice. 40th ed. ed: Elsevier Churchill Livingstone; 2008.
143. Adachi B, Hasebe K. Das Arteriensystem der Japaner. Kyoto: Maruzen; 1928.
144. Lippert H, Pabst R. Arterial variations in man: classification and frequency. Michigan: Springer; 1985.
145. Bergman RA. Compendium of human anatomic variation: text, atlas, and world literature. Michigan: Urban & Schwarzenberg; 1988.
146. Siddharth P, Smith NL, Mason RA, et al. Variational anatomy of the deep femoral artery. *Anat Rec* 1985;212(2): 206-209.
147. Massoud TF, Fletcher EW. Anatomical variants of the profunda femoris artery: an angiographic study. *Surg Radiol Anat* 1997;19(2): 99-103.
148. Başar R, Sargon MF, Cumhuri M, et al. Distinct intergender difference in the femoral artery ramification patterns found in the Turkish population: angiographic study. *Anat Sci Int* 2002;77(4): 250-253.
149. Fukuda H, Ashida M, Ishii R, et al. Anatomical variants of the lateral femoral circumflex artery: an angiographic study. *Surg Radiol Anat* 2005;27(3): 260-264.
150. (FCAT) FCoAT. Terminologia Anatomica. International Anatomical Terminology. Stuttgart: Georg Thieme; 1998.

151. Wong CH, Wei FC, Fu B, et al. Alternative vascular pedicle of the anterolateral thigh flap: the oblique branch of the lateral circumflex femoral artery. *Plast Reconstr Surg* 2009;123(2): 571-577.
152. da Costa AC, Lancelotti CL. Oblique branch of the lateral circumflex femoral artery also found in 32 percent of cadavers in Brazil. *Plast Reconstr Surg* 2009;124(3): 1011-1012; author reply 1012-1013.
153. Hubmer MG, Feigl G. Alternative vascular pedicle of the anterolateral thigh flap: does an oblique branch really exist? *Plast Reconstr Surg* 2010;125(5): 1580-1581; author reply 1581.
154. Valdatta LA, Thione A, Buoro M, et al. Lateral circumflex femoral artery and thigh flaps. *Plast Reconstr Surg* 2001;108(6): 1836-1837.
155. Song YG, Chen GZ, Song YL. The free thigh flap: a new free flap concept based on the septocutaneous artery. *Br J Plast Surg* 1984;37(2): 149-159.
156. Rockwood CA, Green DP, Bucholz RW, et al. Rockwood and Green's Fractures in Adults. Lippincott Williams & Wilkins; 2006.
157. Crock HV. An atlas of the arterial supply of the head and neck of the femur in man. *Clin Orthop Relat Res* 1980;152(152): 17-27.
158. Trueta J, Harrison MH. The normal vascular anatomy of the femoral head in adult man. *J Bone Joint Surg Br* 1953;35-B(3): 442-461.
159. Gautier E, Ganz K, Krugel N, et al. Anatomy of the medial femoral circumflex artery and its surgical implications. *J Bone Joint Surg Br* 2000;82(5): 679-683.
160. Grose AW, Gardner MJ, Sussmann PS, et al. The surgical anatomy of the blood supply to the femoral head: description of the anastomosis between the medial femoral circumflex and inferior gluteal arteries at the hip. *J Bone Joint Surg Br* 2008;90(10): 1298-1303.
161. Chandler SB, Kreuscher PH. A study of the blood supply of the ligamentum teres and its relation to the circulation of the head of the femur. *J Bone Joint Surg Am* 1932;14(4): 834-846.
162. Dubreuil-Chambardel L. Variations des artères du pelvis et du membre inférieur. Paris: Masson; 1925.
163. Williams GD, Martin CH, McIntire LR. Origin of the deep and circumflex femoral group of arteries. *Anat Rec* 1934;60(2): 189-196.
164. Auburtin G. Die beiden Arteriae circumflexae femoris des Menschen. *Anat Anz* 1905;27: 247-269.
165. Vazquez MT, Murillo J, Maranillo E, et al. Patterns of the circumflex femoral arteries revisited. *Clin Anat* 2007;20(2): 180-185.
166. Bergman RA, Afifi AK, Miyauchi R. Illustrated encyclopedia of human anatomic variation. Disponible en: www.anatomyatlases.org
167. Baird RD, Cope J. On the terminations of the circumflex veins of the thigh and their relations to the origins of the circumflex arteries. *Anat Rec* 1933;57(4): 325-337.
168. Wei FC, Jain V, Celik N, et al. Have we found an ideal soft-tissue flap? An experience with 672 anterolateral thigh flaps. *Plast Reconstr Surg* 2002;109(7): 2219-2226; discussion 2227-2230.

169. Gedebo TM, Wei FC, Lin CH. Clinical experience of 1284 free anterolateral thigh flaps. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2002;34(4): 239-244.
170. Fabbrocini M, Fattouch K, Camporini G, et al. The descending branch of lateral femoral circumflex artery in arterial CABG: early and midterm results. *Ann Thorac Surg* 2003;75(6): 1836-1841.
171. Nasso G, Coppola R, Bonifazi R, et al. Arterial revascularization in primary coronary artery bypass grafting: Direct comparison of 4 strategies--results of the Stand-in-Y Mammary Study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009;137(5): 1093-1100.
172. Schamun CM, Duran JC, Rodriguez JM, et al. Coronary revascularization with the descending branch of the lateral femoral circumflex artery as a composite arterial graft. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998;116(5): 870-871.
173. Tatsumi TO, Tanaka Y, Kondoh K, et al. Descending branch of lateral femoral circumflex artery as a free graft for myocardial revascularization: a case report. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996;112(2): 546-547.
174. Tsuchida T, Tatsumi T, Kondoh K, et al. Descending branch of lateral femoral circumflex artery as a new alternative free graft in re-do CABG. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 1999;5(2): 130-132.
175. Baskaya MK, Kiehn MW, Ahmed AS, et al. Alternative vascular graft for extracranial-intracranial bypass surgery: descending branch of the lateral circumflex femoral artery. *Neurosurg Focus* 2008;24(2): E8.
176. Rifaat MA, Abdel Gawad WS. The use of tensor fascia lata pedicled flap in reconstructing full thickness abdominal wall defects and groin defects following tumor ablation. *J Egypt Natl Canc Inst* 2005;17(3): 139-148.
177. Little III JW, Lyons JR. The gluteus medius-tensor fasciae latae flap. *Plast Reconstr Surg* 1983;71(3): 366.
178. Jovanovic M, Colic M, Stefanovic P, et al. Anatomic analysis of the vascular network and vascular pedicle of the tensor fascia lata flap (angiographic and cadaver study). *Eur J Plast Surg* 2004;27(2): 61-67.
179. Cotrufo S, Dabernig J. Vascular supply of the tensor fasciae latae flap revised. *Plast Reconstr Surg* 2009;123(4): 161e-162e.
180. Saadeh FA, Haikal FA, Abdel-Hamid FA. Blood supply of the tensor fasciae latae muscle. *Clin Anat* 2011;11(4): 236-238.
181. Zufferey J, Doerfl J, Krupp S. The anatomical basis for delaying the musculocutaneous tensor fascia lata flap with a distal extension. *Eur J Plast Surg* 1988;11(3): 109-116.
182. Nahai F. The tensor fascia lata flap. *Clin Plast Surg* 1980;7(1): 51-56.
183. Medot M, Fissette J. The cutaneous territory of the transverse tensor fascia lata flap: further anatomical considerations. *Surg Radiol Anat* 1993;15(4): 255-258.
184. Elliott LF, Beegle PH, Hartrampf CR, Jr. The lateral transverse thigh free flap: an alternative for autogenous-tissue breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 1990;85(2): 169-178; discussion 179-181.

185. Hubmer MG, Schwaiger N, Windisch G, et al. The vascular anatomy of the tensor fasciae latae perforator flap. *Plast Reconstr Surg* 2009;124(1): 181-189.
186. Gosain AK, Yan JG, Aydin MA, et al. The vascular supply of the extended tensor fasciae latae flap: how far can the skin paddle extend? *Plast Reconstr Surg* 2002;110(7): 1655-1661; discussion 1662-1653.
187. Mathes SJ, Nahai F. Reconstructive surgery: principles, anatomy & technique. Michigan: Churchill Livingstone; 1997.
188. Hellstadius A. On the ability of bone tissue to survive in pedicle bone graft. *Acta Chir Scand* 1942;86: 85-109.
189. Frankel CJ, Derian PS. The introduction of subcapital femoral circulation by means of an autogenous muscle pedicle. *Surg Gynecol Obstet* 1962;115: 473-477.
190. Medgyesi S. Investigation into the Carrying Ability of Pedicled Bone Grafts during Transplantation. *Acta Orthop Scand* 1968;39: 1-7.
191. Launois B. Fractures du Col du Femur. In. Paris: Masson et Cie; 1963.
192. Hartley J, Silver N. Muscle-pedicle bone grafts. *J Bone Joint Surg Am* 1954;36-A(4): 800-809.
193. Judet R. Traitement des fractures du col du fémur par greffe pédiculée. *Acta Orthop Scand* 1962;32: 421-427.
194. Meyers MH, Harvey JP, Jr., Moore TM. Treatment of displaced subcapital and transcervical fractures of the femoral neck by muscle-pedicle-bone graft and internal fixation. A preliminary report on one hundred and fifty cases. *J Bone Joint Surg Am* 1973;55(2): 257-274.
195. Zhao D, Xu D, Wang W, et al. Iliac graft vascularization for femoral head osteonecrosis. *Clin Orthop Relat Res* 2006;442: 171-179.
196. Baksi DP. Treatment of post-traumatic avascular necrosis of the femoral head by multiple drilling and muscle-pedicle bone grafting. Preliminary report. *J Bone Joint Surg Br* 1983;65(3): 268-273.
197. Baksi DP. Treatment of osteonecrosis of the femoral head by drilling and muscle-pedicle bone grafting. *J Bone Joint Surg Br* 1991;73(2): 241-245.
198. Yoon TR. Gluteus medius muscle pedicle bone grafting for treatment of osteonecrosis of the femoral head. *United States Patent* 2002.
199. Xu DC, Kong JM, Zhong SZ. The ascending branch of the lateral circumflex femoral artery. A new supply for vascularized iliac transplantation. *Surg Radiol Anat* 2005;11(4): 263-264.
200. Germann G, Bickert B, Steinau HU, et al. Versatility and reliability of combined flaps of the subscapular system. *Plast Reconstr Surg* 1999;103(5): 1386-1399.
201. Yamamoto Y, Sugihara T, Kawashima K, et al. An anatomic study of the latissimus dorsi-rib flap: an extension of the subscapular combined flap. *Plast Reconstr Surg* 1996;98(5): 811-816.
202. Erdinger K, Windhofer C, Papp C. Osteomuscular latissimus dorsi scapula flap to repair chronic, posttraumatic osteomyelitis of the lower leg. *Plast Reconstr Surg* 2001;107(6): 1430-1435; discussion 1436.

203. Koshima I, Yamamoto H, Hosoda M, et al. Free combined composite flaps using the lateral circumflex femoral system for repair of massive defects of the head and neck regions: an introduction to the chimeric flap principle. *Plast Reconstr Surg* 1993;92(3): 411-420.
204. Santanelli F, Berlin O, Fogdestam I. The combined tensor fasciae latae/rectus femoris musculocutaneous flap: a possibility for major soft tissue reconstruction in the groin, hip, gluteal, perineal, and lower abdominal regions. *Ann Plast Surg* 1993;31(2): 168-174.
205. Yamamoto Y, Nohira K, Minakawa H, et al. The combined flap based on a single vascular source: a clinical experience with 32 cases. *Plast Reconstr Surg* 1996;97(7): 1385-1390.
206. Huang WC, Chen HC, Jain V, et al. Reconstruction of through-and-through cheek defects involving the oral commissure, using chimeric flaps from the thigh lateral femoral circumflex system. *Plast Reconstr Surg* 2002;109(2): 433-441; discussion 442-433.
207. Jones JW, Barone RM, Adamson RM. Combined thigh flap for closure of massive trunk defect. *J Reconstr Microsurg* 2005;21(7): 441-445.
208. Lin CH, Wei FC, Lin YT, et al. Lateral circumflex femoral artery system: warehouse for functional composite free-tissue reconstruction of the lower leg. *J Trauma* 2006;60(5): 1032-1036.
209. Wolff KD, Grundmann A. The free vastus lateralis flap: an anatomic study with case reports. *Plast Reconstr Surg* 1992;89(3): 469-475; discussion 476-467.
210. Wei CY, Chuang DC, Chen HC, et al. The versatility of free rectus femoris muscle flap: an alternative flap. *Microsurgery* 1995;16(10): 698-703.
211. Yang D, Morris SF. Neurovascular anatomy of the rectus femoris muscle related to functioning muscle transfer. *Plast Reconstr Surg* 1999;104(1): 102-106.
212. Kuo YR, Kuo MH, Chou WC, et al. One-stage reconstruction of soft tissue and Achilles tendon defects using a composite free anterolateral thigh flap with vascularized fascia lata: clinical experience and functional assessment. *Ann Plast Surg* 2003;50(2): 149.
213. Windhofer C, Karlbauer A, Papp C. Bone, tendon, and soft tissue reconstruction in one stage with the composite tensor fascia lata flap. *Ann Plast Surg* 2009;62(6): 665-668.
214. Swartz WM, Banis JC, Newton ED, et al. The osteocutaneous scapular flap for mandibular and maxillary reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 1986;77(4): 530-545.
215. Vegas MR, Delgado P, Roger I, et al. Vascularized periosteal transfer from the medial femoral condyle: is it compulsory to include the cortical bone? *J Trauma Acute Care Surg* 2012;72(4): 1040-1045.
216. Rodriguez-Vegas JM, Delgado-Serrano PJ. Corticoperiosteal flap in the treatment of nonunions and small bone gaps: technical details and expanding possibilities. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2011;64(4): 515-527.
217. Taylor G, Millr G, Ham F. The free vascularized fibula graft: a free vascularized bone graft. *Plast Reconstr Surg* 1975;55: 533.
218. Pratt GF, Rozen WM, Chubb D, et al. Preoperative imaging for perforator flaps in reconstructive surgery: a systematic review of the evidence for current techniques. *Ann Plast Surg* 2012;69(1): 3-9.
219. Taylor GI, Doyle M, McCarten G. The Doppler probe for planning flaps: anatomical study and clinical applications. *Br J Plast Surg* 1990;43(1): 1-16.

220. Granzow JW, Levine JL, Chiu ES, et al. Breast reconstruction using perforator flaps. *J Surg Oncol* 2006;94(6): 441-454.
221. Kroll SS. Fat necrosis in free transverse rectus abdominis myocutaneous and deep inferior epigastric perforator flaps. *Plast Reconstr Surg* 2000;106(3): 576-583.
222. Knight MA, Nguyen DTt, Kobayashi MR, et al. Institutional review of free TRAM flap breast reconstruction. *Ann Plast Surg* 2006;56(6): 593-598.
223. Basic V, Das-Gupta R, Mesic H, et al. The deep inferior epigastric perforator flap for breast reconstruction, the learning curve explored. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2006;59(6): 580-584.
224. Giunta RE, Geisweid A, Feller AM. The value of preoperative Doppler sonography for planning free perforator flaps. *Plast Reconstr Surg* 2000;105(7): 2381-2386.
225. Hallock GG. Attributes and shortcomings of acoustic Doppler sonography in identifying perforators for flaps from the lower extremity. *J Reconstr Microsurg* 2009;25(6): 377-381.
226. Hallock GG. Doppler sonography and color duplex imaging for planning a perforator flap. *Clin Plast Surg* 2003;30(3): 347-357, v-vi.
227. Hallock GG. Evaluation of fasciocutaneous perforators using color duplex imaging. *Plast Reconstr Surg* 1994;94(7938287): 644-651.
228. Hallock GG, Koch TJ. External monitoring of vascularized jejunum transfers using laser Doppler flowmetry. *Ann Plast Surg* 1990;24(2180361): 213-215.
229. Mah E, Temple F, Morrison W. Value of pre-operative Doppler ultrasound assessment of deep inferior epigastric perforators in free flap breast reconstruction. *Aust. NZJ Surg* 2005;75: A89.
230. Yu P, Youssef A. Efficacy of the handheld Doppler in preoperative identification of the cutaneous perforators in the anterolateral thigh flap. *Plast Reconstr Surg* 2006;118(4): 928-933; discussion 934-925.
231. Smit JM, Dimopoulou A, Liss AG, et al. Preoperative CT angiography reduces surgery time in perforator flap reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2009;62(9): 1112-1117.
232. Rozen WM, Phillips TJ, Ashton MW, et al. Preoperative imaging for DIEA perforator flaps: a comparative study of computed tomographic angiography and doppler ultrasound. *Plast Reconstr Surg* 2008;121(1 Suppl): 1-8.
233. Blondeel PN, Beyens G, Verhaeghe R, et al. Doppler flowmetry in the planning of perforator flaps. *Br J Plast Surg* 1998;51(3): 202-209.
234. Disa JJ, Cordeiro PG. The current role of preoperative arteriography in free fibula flaps. *Plast Reconstr Surg* 1998;102(4): 1083-1088.
235. Dublin BA, Karp NS, Kasabian AK, et al. Selective use of preoperative lower extremity arteriography in free flap reconstruction. *Ann Plast Surg* 1997;38(4): 404-407.
236. May JW, Jr., Athanasoulis CA, Donelan MB. Preoperative magnification angiography of donor and recipient sites for clinical free transfer of flaps or digits. *Plast Reconstr Surg* 1979;64(4): 483-490.
237. Young DM, Trabulsy PP, Anthony JP. The need for preoperative leg angiography in fibula free flaps. *J Reconstr Microsurg* 1994;10(5): 283-287; discussion 287-289.

238. Scott JR, Liu D, Said H, et al. Computed tomographic angiography in planning abdomen-based microsurgical breast reconstruction: a comparison with color duplex ultrasound. *Plast Reconstr Surg* 2010;125(2): 446-453.
239. Rozen WM, Palmer KP, Suami H, et al. The DIEA branching pattern and its relationship to perforators: the importance of preoperative computed tomographic angiography for DIEA perforator flaps. *Plast Reconstr Surg* 2008;121(2): 367-373.
240. See MS, Pacifico MD, Harley OJ, et al. Incidence of 'Incidentalomas' in over 100 consecutive CT angiograms for preoperative DIEP flap planning. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2010;63(1): 106-110.
241. Haider CR, Glockner JF, Stanson AW, et al. Peripheral vasculature: high-temporal- and high-spatial-resolution three-dimensional contrast-enhanced MR angiography. *Radiology* 2009;253(3): 831-843.
242. Fukaya E, Saloner D, Leon P, et al. Magnetic resonance angiography to evaluate septocutaneous perforators in free fibula flap transfer. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2010;63(7): 1099-1104.
243. Fukaya E, Grossman RF, Saloner D, et al. Magnetic resonance angiography for free fibula flap transfer. *J Reconstr Microsurg* 2007;23(4): 205-211.
244. Rozen WM, Stella DL, Bowden J, et al. Advances in the pre-operative planning of deep inferior epigastric artery perforator flaps: magnetic resonance angiography. *Microsurgery* 2009;29(2): 119-123.
245. Rozen WM, Ashton MW, Stella DL, et al. The accuracy of computed tomographic angiography for mapping the perforators of the deep inferior epigastric artery: a blinded, prospective cohort study. *Plast Reconstr Surg* 2008;122(4): 1003-1009.
246. Rozen WM, Ashton MW, Stella DL, et al. Stereotactic image-guided navigation in the preoperative imaging of perforators for DIEP flap breast reconstruction. *Microsurgery* 2008;28(6): 417-423.
247. Rozen WM, Buckland A, Ashton MW, et al. Image-guided, stereotactic perforator flap surgery: a prospective comparison of current techniques and review of the literature. *Surg Radiol Anat* 2009;31(6): 401-408.
248. Rosset A, Spadola L, Ratib O. OsiriX: an open-source software for navigating in multidimensional DICOM images. *J Digit Imaging* 2004;17(3): 205-216.
249. Rosset A, Ratib O, Heuberger J. OsiriX: The Pocket Guide. The OsiriX Foundation; 2007.
250. Rosset C, Rosset A, Ratib O. General consumer communication tools for improved image management and communication in medicine. *J Digit Imaging* 2005;18(4): 270-279.
251. Choudhri AF, Radvany MG. Initial experience with a handheld device digital imaging and communications in medicine viewer: OsiriX mobile on the iPhone. *J Digit Imaging* 2011;24(2): 184-189.
252. Ghoshhajra BB, Techasith T, Choy G, et al. Using Keynote to present radiology images. *J Digit Imaging* 2011;24(5): 844-847.
253. John S, Poh AC, Lim TC, et al. The iPad Tablet Computer for Mobile On-Call Radiology Diagnosis? Auditing Discrepancy in CT and MRI Reporting. *J Digit Imaging* 2012.

254. Rozen WM, Chubb D, Ashton MW, et al. Achieving high quality 3D computed tomographic angiography (CTA) images for preoperative perforator imaging: now easily accessible using freely available software. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2011;64(3): e84-86.
255. Phillips TJ, Stella DL, Rozen WM, et al. Abdominal Wall CT Angiography: A Detailed Account of a Newly Established Preoperative Imaging Technique1. *Radiology* 2008;249(1): 32-44.
256. Rozen WM, Phillips TJ, Stella DL, et al. Preoperative computed tomographic angiography for deep inferior epigastric artery perforator flaps: important information for the reporting radiologist. *Plast Reconstr Surg* 2010;125(2): 70e-72e.
257. Kun LE, Beltran C. Radiation therapy for children: evolving technologies in the era of ALARA. *Pediatr Radiol* 2009;39 Suppl 1: S65-70.
258. Prasad KN, Cole WC, Haase GM. Radiation protection in humans: extending the concept of as low as reasonably achievable (ALARA) from dose to biological damage. *Br J Radiol* 2004;77(914): 97-99.
259. Shah NB, Platt SL. ALARA: is there a cause for alarm? Reducing radiation risks from computed tomography scanning in children. *Curr Opin Pediatr* 2008;20(3): 243-247.
260. Kanitsar A, Fleischmann D, Wegenkittl R, et al. CPR-curved planar reformation. *IEEE transactions on medical imaging* 2002.
261. Kim G, Jung HJ, Lee HJ, et al. Accuracy and Reliability of Length Measurements on Three-Dimensional Computed Tomography Using Open-Source OsiriX Software. *J Digit Imaging* 2012;25(4): 486-491.
262. Addis KA, Hopper KD, Iyriboz TA, et al. CT angiography: in vitro comparison of five reconstruction methods. *Am J Roentgenol* 2001;177(5): 1171-1176.
263. Suzuki S, Furui S, Kaminaga T, et al. Measurement of vascular diameter in vitro by automated software for CT angiography: effects of inner diameter, density of contrast medium, and convolution kernel. *Am J Roentgenol* 2004;182(5): 1313-1317.
264. Suzuki S, Furui S, Kaminaga T. Accuracy of automated CT angiography measurement of vascular diameter in phantoms: effect of size of display field of view, density of contrast medium, and wall thickness. *Am J Roentgenol* 2005;184(6): 1940-1944.
265. Ofer A, Nitecki SS, Linn S, et al. Multidetector CT angiography of peripheral vascular disease: a prospective comparison with intraarterial digital subtraction angiography. *Am J Roentgenol* 2003;180(3): 719-724.
266. Rickham PP. Human Experimentation. Code of Ethics of the World Medical Association. Declaration of Helsinki. *Br Med J* 1964;2(5402): 177.
267. Watson-Jones R. Fractures of the neck of the femur. *Br J Surg* 1936;23: 787 – 808.
268. AO surgery reference (AO foundation). Disponible en: www.aofoundation.org
269. Koshima I, Hosoda M, Ohta S, et al. Free vascularized iliac osteomusculocutaneous flaps based on the lateral circumflex femoral system for repair of large mandibular defects. *Ann Plast Surg* 1994;33(6): 581-588.
270. Dorafshar AH, Seitz IA, DeWolfe M, et al. Split lateral iliac crest chimera flap: utility of the ascending branch of the lateral femoral circumflex vessels. *Plast Reconstr Surg* 2010;125(2): 574-581.

271. Kimura N. A microdissected thin tensor fasciae latae perforator flap. *Plast Reconstr Surg* 2002;109(1): 69-77; discussion 78-80.
272. Heitmann C, Kawajah S, Felmerer G, et al. Vascular anatomy of the trochanteric region: a possible donor area for free perforator flaps. *Eur J Plast Surg* 1998;21(5): 219-221.
273. Kannan RY, Boyce DE, Peart FC. Surface marking the vascular pedicle of scapular flaps: "scapular triangle". *Plast Reconstr Surg* 2003;112(4): 1196-1197.
274. Chiu ES, Liu PH, Friedlander PL. Supraclavicular artery island flap for head and neck oncologic reconstruction: indications, complications, and outcomes. *Plast Reconstr Surg* 2009;124(1): 115-123.
275. RAAVIEWER (Radiology Anatomy Atlas Viewer). Disponible en: www.bearboat.net/RAAViewer/RAAViewer
276. Kind GM, Foster RD. Breast reconstruction using the lateral femoral circumflex artery perforator flap. *J Reconstr Microsurg* 2011;27(7): 427-432.
277. Cashman JP, Cashman WF. Comparison of complications in transtrochanteric and anterolateral approaches in primary total hip arthroplasty. *Orthopedics* 2008;31(11): 1085.
278. Kelmanovich D, Parks ML, Sinha R, et al. Surgical approaches to total hip arthroplasty. *J South Orthop Assoc* 2003;12(2): 90-94.
279. Grothaus MC, Holt M, Mekhail AO, et al. Lateral femoral cutaneous nerve: an anatomic study. *Clin Orthop Relat Res* 2005(437): 164-168.
280. Majkrzak A, Johnston J, Kacey D, et al. Variability of the lateral femoral cutaneous nerve: An anatomic basis for planning safe surgical approaches. *Clin Anat* 2010;23(3): 304-311.
281. Orebaugh SL. The femoral nerve and its relationship to the lateral circumflex femoral artery. *Anesth Analg* 2006;102(6): 1859-1862.
282. Zhang Q, Qiao Q, Gould LJ, et al. Study of the neural and vascular anatomy of the anterolateral thigh flap. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2010;63(2): 365-371.
283. Masia J, Clavero JA, Larranaga JR, et al. Multidetector-row computed tomography in the planning of abdominal perforator flaps. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2006;59(6): 594-599.
284. Alonso-Burgos A, Garcia-Tutor E, Bastarrika G, et al. Preoperative planning of deep inferior epigastric artery perforator flap reconstruction with multislice-CT angiography: imaging findings and initial experience. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2006;59(6): 585-593.
285. Rozen WM, Anavekar NS, Ashton MW, et al. Does the preoperative imaging of perforators with CT angiography improve operative outcomes in breast reconstruction? *Microsurgery* 2008;28(7): 516-523.
286. Hamdi M, Van Landuyt K, Van Hedent E, et al. Advances in autogenous breast reconstruction: the role of preoperative perforator mapping. *Ann Plast Surg* 2007;58(1): 18-26.
287. Nahabedian MY, Momen B, Galdino G, et al. Breast Reconstruction with the free TRAM or DIEP flap: patient selection, choice of flap, and outcome. *Plast Reconstr Surg* 2002;110(2): 466-475; discussion 476-467.
288. Chen Z, Zhang C, Lao J, et al. An anterolateral thigh flap based on the superior cutaneous perforator artery: an anatomic study and case reports. *Microsurgery* 2007;27(3): 160-165.

289. Nahabedian MY, Tsangaris T, Momen B. Breast reconstruction with the DIEP flap or the muscle-sparing (MS-2) free TRAM flap: is there a difference? *Plast Reconstr Surg* 2005;115(2): 436-444; discussion 445-436.
290. Rozen WM, Paddle AM, Chubb D, et al. Guiding local perforator flaps with preoperative imaging: revealing perforator anatomy to improve flap design. *Plast Reconstr Surg* 2012;130(1): 130-134.
291. Uppal RS, Casaer B, Van Landuyt K, et al. The efficacy of preoperative mapping of perforators in reducing operative times and complications in perforator flap breast reconstruction. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2009;62(7): 859-864.
292. Rozen WM, Stella DL, Ashton MW, et al. Three-dimensional CT angiography: a new technique for imaging microvascular anatomy. *Clin Anat* 2007;20(8): 1001-1003.
293. Vandevoort M, Vranckx JJ, Fabre G. Perforator topography of the deep inferior epigastric perforator flap in 100 cases of breast reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2002;109(6): 1912-1918.
294. Rozen WM, Ribuffo D, Atzeni M, et al. Current state of the art in perforator flap imaging with computed tomographic angiography. *Surg Radiol Anat* 2009;31(8): 631-639.
295. Rozen WM, Anavekar NS, Grinsell D, et al. Improving surgical outcomes with the use of CT angiography. *Microsurgery* 2009;29(3): 249-250.
296. Adams AS, Wright MJ, Johnston S, et al. The Use of Multislice CT Angiography Preoperative Study for Supraclavicular Artery Island Flap Harvesting. *Ann Plast Surg* 2011.
297. Rosson GD, Williams CG, Fishman EK, et al. 3D CT angiography of abdominal wall vascular perforators to plan DIEAP flaps. *Microsurgery* 2007;27(8): 641-646.
298. Rosson GD, Shridharani SM, Magarakis M, et al. Three-dimensional computed tomographic angiography to predict weight and volume of deep inferior epigastric artery perforator flap for breast reconstruction. *Microsurgery* 2011;31(7): 510-516.
299. Tregaskiss AP, Goodwin AN, Bright LD, et al. Three-dimensional CT angiography: a new technique for imaging microvascular anatomy. *Clin Anat* 2007;20(2): 116-123.
300. Masia J, Larranaga J, Clavero JA, et al. The value of the multidetector row computed tomography for the preoperative planning of deep inferior epigastric artery perforator flap: our experience in 162 cases. *Ann Plast Surg* 2008;60(1): 29-36.
301. Bluemke DA, Chambers TP. Spiral CT angiography: an alternative to conventional angiography. *Radiology* 1995;195(2): 317-319.
302. Karanas YL, Antony A, Rubin G, et al. Preoperative CT angiography for free fibula transfer. *Microsurgery* 2004;24(2): 125-127.
303. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly (New York, United Nations)
304. Mettler FA, Jr., Bhargavan M, Faulkner K, et al. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources--1950-2007. *Radiology* 2009;253(2): 520-531.
305. Fazel R, Krumholz HM, Wang Y, et al. Exposure to low-dose ionizing radiation from medical imaging procedures. *N Engl J Med* 2009;361(9): 849-857.

306. Wiest PW, Locken JA, Heintz PH, et al. CT scanning: a major source of radiation exposure. *Semin Ultrasound CT MR* 2002;23(5): 402-410.
307. Mitka M. CT angiography: clearer picture, fuzzier reception. *JAMA* 2006;295(17): 1989-1990.
308. Einstein AJ, Sanz J, Dellegrottaglie S, et al. Radiation dose and cancer risk estimates in 16-slice computed tomography coronary angiography. *J Nucl Cardiol* 2008;15(2): 232-240.
309. Willis CE, Slovis TL. The ALARA concept in pediatric CR and DR: dose reduction in pediatric radiographic exams--a white paper conference. *AJR Am J Roentgenol* 2005;184(2): 373-374.
310. Krishnamoorthi R, Ramarajan N, Wang NE, et al. Effectiveness of a staged US and CT protocol for the diagnosis of pediatric appendicitis: reducing radiation exposure in the age of ALARA. *Radiology* 2011;259(1): 231-239.
311. Sodickson A. Strategies for reducing radiation exposure in multi-detector row CT. *Radiol Clin North Am* 2012;50(1): 1-14.
312. Rozen WM, Whitaker IS, Stella DL, et al. The radiation exposure of Computed Tomographic Angiography (CTA) in DIEP flap planning: low dose but high impact. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2009;62(12): e654-655.
313. Rozen WM, Chubb D, Crossett M, et al. The future in perforator flap imaging: a new technique to substantially reduce radiation dose with computed tomographic angiography. *Plast Reconstr Surg* 2010;126(2): 98e-100e.
314. Ahn CY, Narayanan K, Shaw WW. In vivo anatomic study of cutaneous perforators in free flaps using magnetic resonance imaging. *J Reconstr Microsurg* 1994;10(8071902): 157-163.
315. Masia J, Kosutic D, Cervelli D, et al. In search of the ideal method in perforator mapping: noncontrast magnetic resonance imaging. *J Reconstr Microsurg* 2010;26(1): 29-35.
316. Alonso-Burgos A, Garcia-Tutor E, Bastarrika G, et al. Preoperative planning of DIEP and SGAP flaps: preliminary experience with magnetic resonance angiography using 3-tesla equipment and blood-pool contrast medium. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2010;63(19121986): 298-304.
317. Neil-Dwyer JG, Ludman CN, Schaverien M, et al. Magnetic resonance angiography in preoperative planning of deep inferior epigastric artery perforator flaps. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2009;62(12): 1661-1665.
318. Kelly AM, Cronin P, Hussain HK, et al. Preoperative MR angiography in free fibula flap transfer for head and neck cancer: clinical application and influence on surgical decision making. *Am J Roentgenol* 2007;188(1): 268-274.
319. Rodriguez-Vegas JM. Computed Tomography Angiography. 21st Annual EURAPS Meeting Manchester, UK. 2010.
320. Rodriguez Vegas JM. Angiotomografía axial computerizada en el colgajo de perforante (anterolateral) de muslo: relación coste- eficiencia. *Cir Plast Iberolat* in press.
321. Hage JJ, Woerdeman LAE. Lower Limb Necrosis After Use of the Anterolateral Thigh Free Flap: Is Preoperative Angiography Indicated? *Ann Plast Surg* 2004;52(3): 315-318.

322. Rozen WM, Ashton MW, Stella DL, et al. The accuracy of computed tomographic angiography for mapping the perforators of the DIEA: a cadaveric study. *Plast Reconstr Surg* 2008;122(2): 363-369.
323. Nishino M, Kubo T, Kataoka ML, et al. Evaluation of pulmonary embolisms using coronal reformations on 64-row multidetector-row computed tomography: Comparison with axial images. *J Comput Assist Tomogr* 2006;30(2): 233-237.
324. Serafin Z, Rusak G, Strzesniewski P, et al. Comparison of calcium scoring with 4-multidetector computed tomography (4-MDCT) and 64-MDCT: a phantom study. *J Comput Assist Tomogr* 2012;36(1): 88-93.
325. Ertl-Wagner B, Eftimov L, Blume J, et al. Cranial CT with 64-, 16-, 4- and single-slice CT systems-comparison of image quality and posterior fossa artifacts in routine brain imaging with standard protocols. *Eur Radiol* 2008;18(8): 1720-1726.
326. Sahiner L, Canpolat U, Aytemir K, et al. Diagnostic accuracy of 16- versus 64-slice multidetector computed tomography angiography in the evaluation of coronary artery bypass grafts: a comparative study. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2012.
327. Voute MT, Bastos Goncalves FM, Verhagen HJ. Comments regarding "The wonders of new available post-analysis CT software in the hands of vascular surgeons". *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2012;43(4): 407.
328. Moeller T, Reif E. Pocket Atlas of Sectional Anatomy: Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2007.

ANEXOS

CONSENTIMIENTO INFORMADO

En cumplimiento a la normativa vigente relativa a la Protección de Datos de Carácter Personal (Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal) y de Consentimiento Informado (Ley 41/2002, de 14 de noviembre, básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica), todos los pacientes incluidos en esta investigación dieron su consentimiento informado escrito autorizando la utilización de sus imágenes y datos clínicos.

MAQUETACIÓN

Esta tesis doctoral ha sido maquettata íntegramente por el autor. Las siguientes aplicaciones han sido utilizadas para su ejecución:

Microsoft Office 2011 para Mac (Word, Powerpoint, Excel)

Endnote X5 para Mac

Photoshop CS6 para Mac

Grab v 1.7

Scrivener v 3.2.1

Papers v 2.3.3

Adobe Acrobat X Pro para Mac v 10.1.0

PUBLICACIONES Y PONENCIAS

La presente tesis doctoral ha permitido la elaboración de las siguientes publicaciones y ponencias:

Publicaciones

1. Rodriguez-Vegas JM, Martín Hervas C, Bartolome Villar A. Angiotomografía computerizada, colgajos de perforante, cirujano y Osirix. Cir Plást Iberolatinoam (in press) 2012.
2. Rodriguez-Vegas JM, Martín Hervas C. The superolateral thigh flap: a reliable skin flap based on the terminal cutaneous branch of the ascending branch of the lateral circumflex femoral artery. Cadaver and computed tomography angiography studies with a clinical series Plast Reconstr Surg (in press) 2012.

Ponencias

1. Rodriguez-Vegas JM. Computed Tomography Angiography. 21st Annual EURAPS Meeting Manchester, UK. 2010.

CURRICULUM VITAE

(actualizado en Noviembre de 2012)

Formación académica

- ❑ Titulado en Medicina y Cirugía por la Universidad Autónoma de Madrid, 1989
- ❑ Titulación como Médico Especialista en Cirugía Plástica, Estética y Reparadora. Hospital Universitario Doce de Octubre de Madrid, 1995
- ❑ Fellow of the European Board of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery (EBOPRAS). Bonn, 1996
- ❑ Fellow of the European Board of Hand Surgery (FESSH). Hannover, 1998
- ❑ VII Programa de Alta Dirección en Instituciones Sanitarias. IESE Universidad de Navarra en colaboración con Fundación Lilly. Madrid, 2005

Actividad laboral

- ❑ Médico Adjunto del Servicio de Cirugía Plástica y Reparadora. Fundación Jiménez Díaz. Madrid (1996 – 1997)
- ❑ Médico Adjunto del Servicio de Cirugía Plástica y Reparadora del Hospital General Yagüe de Burgos (en calidad de personal estatutario desde Abril 2005)(1997 – 2006)
- ❑ Jefe Asociado del Servicio de Cirugía Plástica y Reparadora. Fundación Jiménez Díaz. Madrid (2006 – 2007)
- ❑ Jefe del Servicio de Cirugía Plástica y Reparadora del Centro de Prevención y Rehabilitación FREMAP de Majadahonda de Madrid (2007-2012)
- ❑ Servicio de Cirugía Plástica y Microcirugía Reconstructiva. Hospital Quirón. Madrid (2012 hasta la actualidad)

Actividades académicas y científicas

- ❑ Asociación Española de Microcirugía
Vicepresidente y Secretario de la Asociación Española de Microcirugía (AEM) desde Diciembre de 2011
Vicesecretario de la Asociación Española de Microcirugía (AEM) desde 2009 hasta Diciembre de 2011
Vocal de la Asociación Española de Microcirugía (AEM) desde Diciembre de 2005 hasta la 2009
- ❑ Vocal de la Sociedad Española de Cirujanos de Cabeza y Cuello (SECCYC) desde Noviembre de 2006 hasta Diciembre de 2008
- ❑ Delegado Español en la Unión Europea de Médicos Especialistas (sección Cirugía Plástica, Reparadora y Estética) y Coordinador del European Board in Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery (Acreditación Europea de la Especialidad de Cirugía Plástica, Reparadora y Estética) desde 1997 hasta 2003 y desde 2007 hasta la actualidad
- ❑ Examinador del European Board in Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery desde 1997 hasta la actualidad

- ❑ Delegado de EBOPRAS en el Comité Interdisciplinar Europeo de Cirugía de Mano (Multidisciplinary Joint Committee on Hand Surgery)
- ❑ Redactor de la Revista Iberolatinoamericana de Cirugía Plástica

Estancias en el extranjero

- ❑ Unidad de Transtornos del Sueño. Universidad de Stanford. Palo Alto. California. USA. 1999
- ❑ Hospital Monográfico de Cirugía Plástica y Reconstructiva de Canniesburn (Glasgow and West of Scotland Regional Plastic and Oral Surgery Unit). Reino Unido. 1993
- ❑ Unidad de Reconstrucción Mamaria Microquirúrgica del Hospital Universitario de Uppsala. Suecia. 2009

Ponencias y Comunicaciones

- ❑ Ponencias y comunicaciones en reuniones nacionales: 52
- ❑ Ponencias y comunicaciones en reuniones internacionales: 24

Publicaciones

1. Vegas MR, Delgado P, Roger I, et al. Vascularized periosteal transfer from the medial femoral condyle: is it compulsory to include the cortical bone? *J Trauma Acute Care Surg* 2012;72(4): 1040-1045.
2. Rodriguez-Vegas JM, Martín Hervas C, Bartolome Villar A. Angiotomografía computerizada, colgajos de perforante, cirujano y Osirix. *Cir Plást Iberolatinoam (in press)* 2012.
3. Rodriguez-Vegas JM, Martín Hervas C. The superolateral thigh flap: a reliable skin flap based on the terminal cutaneous branch of the ascending branch of the lateral circumflex femoral artery. Cadaver and computed tomography angiography studies with a clinical series *Plast Reconstr Surg (in press)* 2012.
4. Rodriguez-Vegas JM. Medialis Pedis Flap in the Reconstruction of Palmar Skin Defects of the Digits. Clarifying the Anatomy of the Medial Plantar Artery. *Ann Plast Surg (in press)* 2012.
5. Rodriguez-Vegas JM, Delgado-Serrano PJ. Corticoperiosteal flap in the treatment of nonunions and small bone gaps: technical details and expanding possibilities. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2011;64(4): 515-527.
6. Rodriguez-Vegas JM, Angel PA, Manuela PR. Refining the anterolateral thigh free flap in complex orbitomaxillary reconstructions. *Plast Reconstr Surg* 2008;121(2): 481-486.
7. Rodriguez Vegas JM, Ruiz Alonso ME, Teran Saavedra PP. PGE-1 in replantation and free tissue transfer: early preliminary experience. *Microsurgery* 2007;27(5): 395-397.

8. Rodríguez-Vegas JM. Thoracoepigastric flap in donor-site closure of the pectoralis major musculocutaneous transfer: axial or random pattern? *Plast Reconstr Surg* 2005;116(6): 1810-1811; author reply 1811-1812.
9. Rodríguez-Vegas JM. Inexpensive custom-made stenting of auditory meatus after stenosis release. *Plast Reconstr Surg* 2005;116(3): 926-928.
10. Rodríguez Vegas JM, Terán Saavedra PS, Rivera Vegas MJ, et al. Colgajo anterolateral de muslo. Nuestra experiencia con 32 casos. *Cir Plást Iberolatinoam* 2005;31(2).
11. Casado Pérez C, Rodríguez Vegas JM, Ruiz Alonso E, et al. Faloplastia en un cambio de sexo de mujer a hombre con un colgajo sensible pediculado anterolateral de muslo. *Cir Plást Iberolatinoam* 2005;31(3).
12. Rodríguez-Vegas JM, Trillo Bohajar E, Ruiz Alonso E, et al. Refining the anterolateral thigh free flap to prevent orocervical fistula in head and neck reconstruction. *Plast Reconstr Surg* 2004;114(1): 174-177.
13. Rodríguez-Vegas JM, Casado Perez C. Inexpensive custom-made external splint for isolated closed zygomatic arch fractures. *Plast Reconstr Surg* 2004;113(5): 1517-1518.
14. Hernandez-Martin A, Arias-Palomo D, Hermida G, et al. Oral pyoderma gangrenosum. *Br J Dermatol* 2003;149(3): 663-664.
15. Rodríguez Vegas JM, Perez Rugama M, Casado Pérez C. Colgajo local para reconstrucción de los defectos axilares en reconstrucción mamaria con colgajo TRAM. *Cir Plást Iberolatinoam* 2000;26(2): 147-150.
16. Rivera Vegas MJ, Perez Rugama M, Rodríguez Vegas JM, et al. Melanoma. Epidemiología y Factores de riesgo. In: ediciones E, editor. Melanoma. Madrid: ENE ediciones; 1998.
17. Perez Rugama M, Rodríguez Vegas JM, Rivera Vegas MJ, et al. Melanoma. Historia natural y formas clínicas. In: ediciones E, editor. Melanoma. 1998 ed: ENE ediciones; 1998.
18. Peña Pérez A, Rivera Vegas MJ, Rodríguez Vegas JM, et al. Melanoma. Factores pronósticos en el melanoma maligno. In: ediciones E, editor. Melanoma. Madrid: ENE ediciones; 1998.
19. Sanz García S, Villarreal Fierro C, Gómez Balboa P, et al. Versatilidad del colgajo safeno para la cobertura de los defectos de rodilla: presentación de 6 casos. *Rev Esp Cir Osteoart* 1997;32(188): 78-84.
20. Rodríguez Vegas JM, Martín del Yerro JL, García Martínez A, et al. Tunelización transpélvica del colgajo miocutáneo de recto abdominal para reconstrucción pelvico-perineal. *Cir Plást Iberolatinoam* 1997;23(2): 129-133.
21. Rodríguez Vegas JM, Campo Loarte J, García Martínez A. Fijador externo artesanal en cirugía de mano. *Cir Plást Iberolatinoam* 1997;23(1): 25-28.
22. García Martínez A, Rodríguez Vegas JM, Martín del Yerro JL. Sinus pilonidal interdigital: Mano de Barbero. *Cir Plást Iberolatinoam* 1997;23(4): 329-333.

23. Martín del Yerro JL, Rodríguez Vegas JM, García Martínez A, et al. Tratamiento de las infecciones esternales post-esternotomía. De los métodos conservadores al tratamiento actual precoz en un único tiempo quirúrgico mediante colgajos musculares. *Cir Plást Iberolatinoam* 1996;22(4): 343-352.

Sociedades Medico-Científicas

- ❑ Miembro Numerario de la Sociedad Española de Cirugía Plástica, Reparadora y Estética (SECPRE)
- ❑ Miembro de la Asociación Española de Microcirugía (AEM)
- ❑ Miembro de la Sociedad Española de Cirugía de la Mano (SECMA)
- ❑ Miembro de la Sociedad Española de Cirujanos de Cabeza y Cuello (SECCYC)
- ❑ Miembro de la World Society for Reconstructive Microsurgery (WSRM)
- ❑ Miembro de la Sociedad Española de Traumatología Laboral (SETLA)

Áreas de especial interés profesional

- ❑ **Microcirugía Reconstructiva** en todas sus diversas facetas (postraumática y postoncológica) con más de 700 intervenciones realizadas

Cabeza y Cuello

Reconstrucción ósea mandibular, tercio medio facial y base craneal

Reconstrucción orofaríngea

Secuelas de graves lesiones traumáticas y exeréticas cervicofaciales

Transferencias neuromusculares funcionantes para las parálisis faciales

Miembro Superior

Reimplantes de mano y miembro superior

Reconstrucción de la mano mutilada mediante transferencias dedo pie a mano

Microcirugía reconstructiva del nervio periférico y sus secuelas

Secuelas de graves lesiones traumáticas de mano y miembro superior

Reconstrucciones musculares funcionales

Miembro Inferior

Secuelas exeréticas y traumáticas

Fracturas abiertas

Reconstrucción microquirúrgica de las pseudoartrosis y defectos óseos

Microcirugía reconstructiva del nervio periférico y sus secuelas

Mama

Reconstrucción mamaria avanzada con tejido autólogo: DIEP, DIEA, SGAP

- ❑ **Cirugía de Mano y Miembro Superior**

Lesiones agudas y secuelas traumáticas (óseas, tendinosas, nerviosas, cutáneas)

Neuropatías compresivas

Secuelas de la mano mutilada

▣ **Cirugía oncológica**

Tumores cutáneos y melanomas

Sarcomas de partes blandas

Cirugía oncológica orofacial

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Origen de la <i>ACFL/A</i>	84
Tabla 2. Variaciones de origen de las arterias circunflejas femorales	89
Tabla 3. Técnicas de imagen preoperatorias en la transferencia tisular microquirúrgica .	96
Tabla 4. Parámetros de estudio de la investigación	111
Tabla 5. Evaluación preliminar de los métodos de investigación	113
Tabla 6. Estudio angiotomográfico. Parámetros de estudio	115
Tabla 7. Angiotomografía. Datos técnicos, parámetros de adquisición y contraste	116
Tabla 8. Angiotomografía. Modos de reconstrucción utilizados	118
Tabla 9. Disección en cadáver. Parámetros de estudio	122
Tabla 10. Disección en cadáver. Resultados	127
Tabla 11. Disección en cadáver. Ramas de <i>ACFL/A</i>	130
Tabla 12. Cadáver. Distribución de perforantes por sexo y lado	132
Tabla 13. Angiotomografía. Distribución de perforantes por sexo y lado	143
Tabla 14. Resumen de los resultados de la investigación	144
Tabla 15. Modo 3D VR. Parámetros.....	146
Tabla 16. Colgajo superolateral de muslo microquirúrgico. Serie clínica	151
Tabla 17. Colgajo superolateral de muslo. Nomenclatura	178
Tabla 18. Angiotomografía. Experiencia previa del autor	186
Tabla 19. Angiotomografía y colgajos de perforante	191

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolución de los colgajos cutáneos.....	36
Figura 2. Clasificación de las perforantes	37
Figura 3. Angiosomas (territorios vasculares) del cuerpo humano.....	38
Figura 4. Perforantes del cuerpo humano	40
Figura 5. Angiosoma y perforasoma	41
Figura 6. Perforasoma	42
Figura 7. Captura de angiosomas	42
Figura 8. Angiosomas del muslo y región glútea	43
Figura 9. Perforantes directas e indirectas	47
Figura 10. Tipos de perforantes	48
Figura 11. Perforantes directas e indirectas	49
Figura 12. Inyección de sustancias no radiopacas. Azul de metileno.....	51
Figura 13. Inyección de sustancias no radiopacas. Látex coloreado.....	52
Figura 14. Técnica de Thiel	53
Figura 15. Plastinación de von Hagens	54
Figura 16. Angiograma con óxido de plomo	56
Figura 17. Angiografía bidimensional clásica	57
Figura 18. La angiotomografía aplicada a la investigación de perforantes	59
Figura 19. Relaciones anatómicas del músculo <i>TFL</i>	60
Figura 20. Musculatura glútea. Inserciones ilíacas y trocantéreas.....	61
Figura 21. Fascia lata y banda iliotibial	63
Figura 22. Anatomía del hueso coxal	66
Figura 23. Anatomía del hueso coxal	67
Figura 24. Principales arterias en la vascularización de la cresta ilíaca anterior.....	69
Figura 25. Componentes del tomógrafo computarizado multicorte.....	71
Figura 26. Arteria circunfleja femoral lateral.....	84
Figura 27. Anillo arterial del cuello femoral.....	87

Figura 28. Puntos de referencia anatómicos del colgajo tensor de la fascia lata.....	91
Figura 29. Defecto tisular facial complejo	93
Figura 30. Logo de Osirix	99
Figura 31. Protocolo de disección en cadáver.....	121
Figura 32. Anatomía de la arteria circunfleja femoral lateral.....	128
Figura 33. Ramas glúteas y óseas directas de la rama ascendente.....	129
Figura 34. Rama cutánea terminal de ACFL/A. Disección en cadáver	131
Figura 35. ACFL y sus ramas (2D MPR ortogonal)	133
Figura 36. Rama cutánea de ACFL/A (2D MPR ortogonal)	134
Figura 37. ACFL/A y su rama cutánea (2D MPR ortogonal)	135
Figura 38. Dos perforantes, ramas de ACFL/A (3D VR)	136
Figura 39. Planos musculares en la región superolateral del muslo.....	137
Figura 40. Triángulo pretrocantéreo (2D MPR ortogonal).....	138
Figura 41. Triángulo pretrocantéreo	138
Figura 42. Distribución de perforantes en relación al trocánter mayor.....	139
Figura 43. Distribución de perforantes en relación al trocánter mayor.....	140
Figura 44. Distribución de las perforantes por lado y sexo	141
Figura 45. Definición de los parámetros del CLUT	147
Figura 46. Colgajo superolateral de muslo. Caso clínico 2.....	153
Figura 47. Colgajo superolateral de muslo. Caso clínico 4.....	154
Figura 48. Colgajo superolateral de muslo. Caso clínico 1.....	155
Figura 49. Abordaje anterolateral de cadera	156
Figura 50. Técnica quirúrgica. Esquema	157
Figura 51. Relación espacial entre el nervio femoral y la ACFL.....	159
Figura 52. Vascularización de la cresta ilíaca por la ACFL/A.....	166
Figura 53. Perforantes de la ACFL/A.....	170
Figura 54. Triángulo pretrocantéreo (corte axial)	172
Figura 55. Triángulo pretrocantéreo (corte coronal)	173

Figura 56. Triángulo pretrocantéreo (corte sagital).....	174
Figura 57. Distribución de perforantes	175
Figura 58. Recorrido de perforante en tejido subcutáneo	177
Figura 59. Colgajo compuesto de ACFL/A tallado en cadáver.	180
Figura 60. Perforante de ACFL/D	187
Figura 61. Mediciones en OsiriX.	188
Figura 62. Refinamientos intraoperatorios.	189
Figura 63. Intensidad Máxima de Proyección.....	190
Figura 64. Modo 3D MPR curvo.	190

ÍNDICE DE AUTORES

Autores

Bailey	64	Koshima	45, 164, 167
Baird	89	Kroll	45
Bakamjian	35	Lamberty	37, 167
Baksi	92	Lin	164
Barclay	37	Manchot	35, 37
Berberich	55	McGregor	35, 64
Berrington de González	76	Medot	90, 168, 169, 175, 176
Bostwick	64	Milton	36
Cope	89	Morgan	35
Cormack	37, 167	Nakajima	37
Cormack Allen	70	Orticochea	35
Cotrufo	90	Pontén	36
Dabernig	90	RAAViewer	171, 194
Deiler	64, 167	Rees	55
Dorafshar	165	Riolan	50
Dubreuil-Chambardel	88, 89	Roentgen	55
Einstein	75	Rosenfield	45
Elliott	177	Rosset	98, 194
Geddes	46	Rozen	58, 183, 184, 186, 194
Ger	35	Saadeh	90
Gosain	91	Saint-Cyr	58, 177
Haertsch	37	Salmon	37, 55, 89
Hagens	53	Sinna	46, 180
Hallock	31, 46, 47, 178	Smit	183
Harrison	55	Soeda	45
Heitmann	168, 169, 175, 176	Song	90
Hellstadius	92	Spalteholz	37, 54
Hounsfield	70	Taylor	55, 95, 167, 171
Hubmer	164, 168, 169, 176	Trueta	55
Hunter	44	Uppal	183
Ishida	167, 175	Wangenstein	63
Jackson	35	Watson-Jones	156, 180
Kimura	167	Williams	88
Kind	177	Windhofer	164
		Xu	163
		Yoon	92

ÍNDICE ALFABÉTICO

2

2D MPR ortogonal · 118, 146

3

3D MPR · 118, 146

3D MPR curvo · 118, 146

3D VR · 118, 147

A

Abordaje anterolateral de cadera · 157

Ala iliaca · 67

ALARA · 117, 185

Anastomosis cruciforme · 88

Anastomosis trocantérea · 89

Angiografía bidimensional · 59

Angiorresonancia magnética · 99, 186

Angiosoma de perforante · 40

Angiosoma o territorio vascular · 38

Angiotomografía computerizada
multidetector · 99

Arteria circunfleja femoral medial · 84, 87

Arteria circunfleja iliaca profunda · 69

Arteria circunfleja iliaca superficial · 68

Arteria del cuádriceps · 86

Arteria femoral · 84

Arteria femoral profunda · 84

Arteria innominada · 87

Arteriografía · 98

Arteriosoma · 38

Azul de metileno · 51

B

Bolus test · 78

Bolus triggering · 78

C

CLUT · 147

Colgajo · 30

Colgajo anterolateral de muslo · 91

Colgajo compuesto · 31, 179

Colgajo corticoperióstico de cóndilo
femoral · 96

Colgajo de cresta iliaca · 96

Colgajo de perforante · 40, 45, 49, 59

Colgajo de perforante directa · 48, 50

Colgajo de perforante indirecta · 48

Colgajo de perforante muscular o
musculocutánea · 49

Colgajo de perforante septal o
septocutánea · 49

Colgajo de peroné · 96

Colgajo de vascularización aleatoria · 35

Colgajo de vascularización axial · 35

Colgajo fasciocutáneo · 37
Colgajo libre o microquirúrgico · 31
Colgajo musculocutáneo · 35
Colgajo pediculado · 31
Colgajo tensor de la fascia lata · 91
Colgajo tensor de la fascia lata, colgajo de
perforante · 168
Colgajo tensor de la fascia lata, territorio
cutáneo · 92
Colgajo tensor de la fascia lata,
vascularización · 91
Cresta ilíaca · 66

D

Diafanización · 55
DICOM · 32
Doppler a color · 98
Doppler unidireccional · 97

E

Eje arterial subescapular-toracodorsal · 95
Escala de Unidades Hounsfield · 73
Espina ilíaca anterosuperior · 66
Estación de trabajo (workstation) · 72
Estudio preliminar · 113

F

Fascia lata · 63

Fluoresceína · 55
Freestyle · 30, 46

G

Gantry · 72
Gelatina · 56
Grosor de corte · 75

H

Hueso ilíaco · 66
Huesos irregulares y planos,
vascularización · 66
Huesos largos, vascularización · 66

I

Iliotibial, tracto o banda · 61, 63
Injerto · 30
Injerto óseo de pedículo muscular · 94

L

Látex · 52, 56

M

Material de contraste · 116
Mesa · 72
Miliamperaje · 75
Moldes de corrosión vascular · 56

Músculo tensor de la fascia lata · 61

N

Navegación estereotáxica · 99

O

OsiriX · 100, 194

OsiriX, mediciones · 119

Oxido de plomo · 56

P

PACS · 32

Parámetros de adquisición · 116

Parámetros investigados · 112

Parámetros investigados, angiotomografía
· 115

Parámetros investigados, cadaver · 123

Pedículo vascular · 30

Perforante muscular o musculocutánea ·
49

Perforante septal o septocutánea · 49

Perforasoma · 40

Pitch · 76

Pixel · 71

Plastinación · 54

Post-procesamiento de imágenes · 117

Protocolo de disección en cadaver · 121

Puntos de interés ROI · 148

R

Rama ascendente de la arteria circunfleja
femoral lateral · 86

Rama descendente de la arteria circunfleja
femoral lateral · 86

Rama oblicua de la arteria circunfleja
femoral lateral · 87

Rama transversa de la arteria circunfleja
femoral lateral · 86

Resonancia magnética · 99

S

Sulfato de bario · 56

T

Terminología Anatómica Internacional · 85

Terminología de Gent · 46

Thiel · 53

Tinta china · 51

Triángulo pretrocantéreo · 138, 171, 172,
176, 200

Tubérculo ilíaco · 67

V

Vaso conector directo (verdadero) · 38

Vaso conector indirecto (*choke vessel*) · 39

Vaso perforante directo · 47

Vasos perforante indirecto · 47

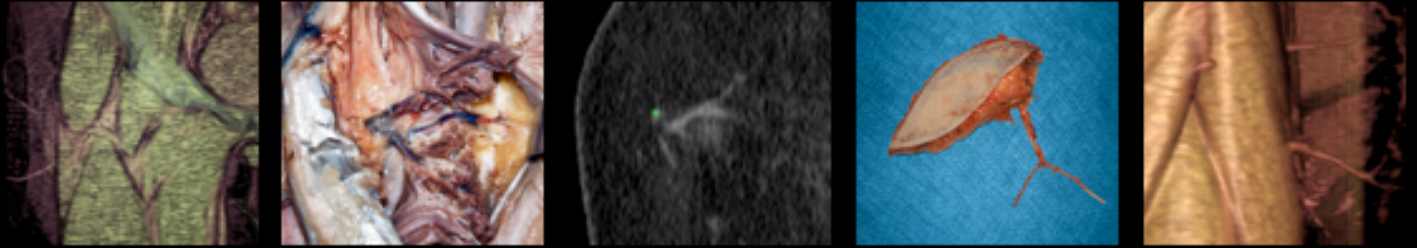
Vena oscilante · 39

Venosoma · 38

Voxel · 71

W

Workstation · 72



UA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE MADRID



TESIS
DOCTORAL